



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 932**

51 Int. Cl.:
G01R 33/07 (2006.01)
G01R 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07075891 .7**
96 Fecha de presentación : **16.10.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1933161**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.06.2008**

54 Título: **Autocalibración de un sensor magnético.**

30 Prioridad: **16.10.2006 GB 0620307**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.11.2011

73 Titular/es: **SEMICONDUCTOR COMPONENTS
INDUSTRIES, L.L.C.**
5005 East McDowell Road
Phoenix, Arizona 85008, US

72 Inventor/es: **Badaroglu, Mustafa;**
Charlier, Olivier y
Laulanet, Francois

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

ES 2 367 932 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

Autocalibración de un sensor magnético.

Ámbito técnico de la invención

- 5 La presente invención propone hardware y métodos asociados para eliminar la desviación y la variación de la sensibilidad que afecta a los sensores magnéticos, por ejemplo, sensores integrados de efecto Hall. La invención también se puede aplicar a otros sensores magnéticos para los que se puede aislar un valor de desviación de un valor de salida mediante el uso de dos fases que se diferencian por el sentido o la amplitud de una señal de polarización.

Antecedentes de la invención

- 10 Un sensor Hall para la detección de campos magnéticos se integra ventajosamente en un sustrato de semiconductor. Dicho sensor es normalmente una región plana de un sustrato de semiconductor, normalmente una región cuadrada de dicho sustrato, también conocida como placa de Hall, que se implanta con impurezas dopantes y hace contacto por lo menos en cuatro puntos de la plaza, normalmente las esquinas de la plaza (véase la Fig. 1). Se utilizan dos electrodos diagonalmente opuestos para polarizar el sensor, es decir se obliga a una corriente I_{Bias} a través de la región plana dopada. Cuando un campo magnético B_{Ext} se aplica perpendicularmente a la región plana dopada, aparece una diferencia de potencial V_H a través de la placa y se puede medir entre los dos electrodos restantes (los electrodos de detección):

$$V_H = S + B_{Ext} V_{op}$$

- 20 donde B_{Ext} es el componente del campo magnético que es perpendicular a la placa, S es la sensibilidad de la placa y V_{op} es una desviación, es decir, un voltaje diferente de cero que se puede medir entre los dos electrodos de detección cuando $B_{Ext} = 0$. La sensibilidad S de la placa de Hall es proporcional a la corriente de polarización I_{Bias} . La sensibilidad S de la placa de Hall es generalmente una función de la temperatura, la magnitud de B_{Ext} , choques térmicos, el envejecimiento del material semiconductor del que está hecho el sustrato, etc...

- 25 En "Sensor monolítico magnético de Hall que utiliza cancelación dinámica de desviación por cuadratura" Alberto Bilotti *et al.* describe la técnica más simple de cancelación dinámica de desviación. Utiliza una placa cuadrada individual con cuatro contactos cuando se generan los estados de cuadratura mediante la conexión periódica del voltaje de alimentación y la entrada del acondicionador de señal a los diferentes pares de contactos, como se muestra en la Fig. 2. Cada estado, que se llamará de ahora en adelante un primer y un segundo estado o un estado de 0 grados y un estado de 90 grados, se define por las señales de reloj y complementarias $ck1$ y $\overline{ck1}$, respectivamente. Suponiendo que $B_{Ext} = 0$ y un modelo de puente de Wheatstone ideal para la placa de Hall, los voltajes que aparecen en los contactos de salida son las desviaciones de placa V_{op} (0 grados) y V_{op} (90 grados), que son de magnitudes iguales, pero tienen polaridades opuestas (véase el gráfico inferior de la Fig. 2). Esto se puede verificar de forma muy simple de la siguiente manera. Supóngase un desequilibrio, por ejemplo debido a un patrón de estrés, se produce de tal manera que la región entre los contactos del lado izquierdo y los del lado superior a y b muestra una menor resistividad que el resto de la placa y que esta situación no cambia cuando cambian los estados. Luego, las desviaciones desarrolladas en cada estado tienen la misma magnitud pero polaridades opuestas, ya que se produce el mismo desequilibrio en las ramas adyacentes de la red de puente equivalente (el terminal H_i será más positivo que el terminal L_o en el estado de 0 grados, pero más negativo en el estado de 90 grados). Para $B_{Ext} \neq 0$, como las conexiones de alimentación y de salida giran en el mismo sentido, la contribución de B_{Ext} a V_H mantiene sin cambios su polaridad, por lo que es invariable. Esta característica de la contribución de B_{Ext} a V_H se deriva de la propiedad anti-recíproca de una placa de Hall simétrica. Parece, por tanto, una forma sencilla de distinguir la desviación a partir de la señal útil y además cancelar la desviación mediante el condicionamiento adecuado de la señal. Aunque en la Fig. 2, se puede observar que la señal medida V_H es casi constante y la señal de desviación V_{op} es una onda alterna cuadrada, las formas de onda se pueden intercambiar, si se desea, mediante el intercambio de los contactos de salida diagonalmente opuestos a y c durante la fase segunda o de 90 grados. Como una cancelación idealmente perfecta nunca es posible, en la práctica hay una desviación residual V_{opr} de placa definido como $V_{opr} = |V_{op}(0 \text{ grados})| - |V_{op}(90 \text{ grados})|$, donde se han preferido los valores absolutos para enfatizar la inversiones de polaridad que ocurren durante el procesamiento adicional de las señales. Dependiendo del proceso de fabricación, la geometría de la placa de Hall y la orientación cristalográfica, y el estrés residual del paquete y la oblea, la desviación residual de la placa puede variar entre 50 a 500 μV para una fuente de alimentación de 5V. En aras de la simplicidad y a menos que se especifique lo contrario, se asume que $|V_{op}(0 \text{ grados})| = |V_{op}(90 \text{ grados})| = V_{op}$. El voltaje de Hall medido a través de los electrodos de detección en el estado de 0 grados es:

$$V_{H1} = S B_{Ext} + V_{op} \quad (Ec.1)$$

y en el estado de 90 grados:

55
$$V_{H2} = S B_{Ext} - V_{op} \quad (Ec.2)$$

Con la suma de Ec. 1 y Ec. 2, se obtiene lo siguiente:

$$V_{H1} + V_{H2} = 2 S B_{Ext}$$

que es independiente del voltaje de desviación.

Si bien la técnica de cancelación dinámica de desviación explicada anteriormente resuelve el problema de la desviación, no resuelve el problema de las variaciones de la sensibilidad. La sensibilidad S de cualquier sensor Hall integrado variará en función de la temperatura, en función del tiempo (envejecimiento del sustrato semiconductor en el que está integrado el sensor Hall, el envejecimiento del envase que protege el sustrato semiconductor), en función de la amplitud del campo magnético (que corresponde a una no linealidad del sensor). La dependencia de la temperatura, por ejemplo, puede compensarse mediante diferentes circuitos de compensación, basados en las mediciones de la sensibilidad a diferentes temperaturas. Algunos circuitos de compensación son dimensionados de una vez por todas. Si la dependencia de la temperatura de la sensibilidad varía por una u otra razón, esos circuitos de compensación no serán capaces de compensar adecuadamente las variaciones de temperatura.

Para compensar las deficiencias de este tipo de circuitos cubiertos brevemente anteriormente Demierre *et al.* propone en "Activador magnético de referencia para la auto-calibración de una distribución muy pequeña de sensores de Hall", Sensores y Activadores A 97-98 (2002) pgs. 39-46, utilizar un campo magnético de referencia B_{Cal} bien determinado para calibrar el sensor Hall. Para diferenciar el campo magnético de referencia del campo magnético externo que se quiere medir, Demierre *et al.* utiliza una distribución de 4 sensores de Hall, cada sensor se asocia con una bobina. Cada bobina genera un campo magnético conocido. Por lo tanto, la separación del campo magnético externo y el campo magnético de referencia generado de las bobinas requiere varias bobinas y varios sensores de Hall. Esto no siempre es deseable si la potencia disponible para el funcionamiento del sensor es limitada y/o si el área de sustrato semiconductor disponible para integrar los sensores de Hall es limitada.

En "Fuente de campo magnético con CMOS integrado utilizada como referencia en sensores de campo magnético sobre un sustrato común", publicado en IMTC 94 (Conferencia de tecnología en instrumentación y medición 1994, IMTC/94 Actas de la Conferencia, 10º aniversario, Tecnologías avanzadas en I & M., 1994, IEEE Fecha de publicación: 10-12 de mayo de 1994, en la página (s): 461-463 vol.2), Trontelj *et al.* también se basa en un campo magnético de referencia B_{Cal} generado por una bobina que rodea al sensor Hall para calibrar el sensor Hall y para compensar derivas de la sensibilidad. Para separar el campo magnético externo B_{Ext} del campo magnético de referencia B_{Cal} , el campo magnético de referencia se modula a una frecuencia predeterminada mayor que la señal de reloj que determina la fase de 0 grados y de 90 grados. Las contribuciones al voltaje de Hall de ambos campos se separan entonces con un filtro muy selectivo. Este filtro no siempre es fácil de realizar y, además, consume energía adicional y área de silicio. Sigue existiendo la necesidad de mejora.

La solicitud de patente EP 1 637 898 describe un sensor de campo magnético adicional que comprende un generador de campo magnético de referencia, una célula de detección de campo magnético que incluye unos elementos de detección de efecto Hall y un circuito de procesamiento de señal conectado a la salida de la célula de detección de campo magnético. Unas cajas de distribución gestionan los cambios en las conexiones de los elementos de detección de Hall y el campo magnético de referencia se modula.

Sumario de la invención

Un objetivo de las realizaciones de la presente invención es proporcionar buenos dispositivos de sensores magnéticos o buenos métodos para proporcionar detección magnética.

El objetivo anterior se logra mediante un dispositivo y un método acordes con la presente invención.

En un aspecto, la presente invención propone aislar la contribución de un campo magnético de referencia B_{Cal} a la señal de salida de un sensor magnético de la contribución de un campo magnético externo B_{Ext} a la misma señal de salida sin tener que utilizar varios sensores y/o filtros específicos como en la técnica anterior. Una vez aislada la contribución del campo magnético de referencia, es fácil de evaluar la deriva de la sensibilidad del sensor magnético que genera la señal de salida y compensar dicha deriva de sensibilidad.

Un sensor acorde con las realizaciones de la presente invención comprende por lo menos cuatro electrodos, dos de los cuales se utilizan para polarizar el sensor mediante la circulación de una corriente de polarización a través del sensor y dos de los cuales se utilizan para detectar una señal de salida, por ejemplo el voltaje, V_H . El sensor se rodea por un generador de campo magnético de referencia, por ejemplo, una bobina que lleva corriente, dicho generador de campo magnético de referencia, por ejemplo la bobina, se utiliza para generar un campo magnético de referencia B_{Cal} .

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para compensar la deriva de la sensibilidad de un sensor de campo magnético para la detección de un campo magnético. El sensor de campo magnético comprende por lo menos cuatro electrodos. El método comprende una primera etapa donde se utiliza un primer conjunto de dos electrodos para polarizar el sensor y un segundo conjunto de dos electrodos se utiliza para detectar una señal de salida, por ejemplo, una señal de voltaje, del sensor de campo magnético, y una segunda etapa donde

el segundo conjunto de dos electrodos se utiliza para polarizar el sensor y el primer conjunto de dos electrodos se utiliza para detectar una señal de salida del sensor de campo magnético. El método se caracteriza porque por lo menos una de entre la primera o la segunda etapa se divide en por lo menos una primera sub-etapa y en una segunda sub-etapa. Un campo magnético de referencia tiene unos primeros parámetros de campo magnético, por ejemplo, una primera amplitud y/o sentido, en la primera sub-etapa y unos segundos parámetros de campo magnético, una segunda amplitud y/o sentido, en la segunda sub-etapa. Por lo menos uno de los primeros parámetros de campo magnético es diferente de los segundos parámetros de campo magnético. Una señal de salida se detecta en la primera y en la segunda etapa, y dentro de la primera o la segunda etapa una señal de salida se detecta en la primera y la segunda sub-etapa. Esto significa que en la primera o la segunda etapa, la señal de salida se detecta tanto en el momento que el campo magnético de calibración B_{Cal} asume los primeros parámetros de campo magnético, por ejemplo, una primera amplitud, y cuando el campo magnético de calibración asume los segundos parámetros de campo magnético, por ejemplo, una segunda amplitud.

El campo magnético de referencia generado durante la primera sub-etapa tiene la misma amplitud que el campo magnético de referencia generado durante la segunda sub-etapa, los dos campos magnéticos de referencia tiene un sentido opuesto.

En realizaciones alternativas de la presente invención, el campo magnético de referencia generado en la primera sub-etapa puede tener el mismo sentido que el campo magnético de referencia generado durante la segunda sub-etapa, con los dos campos de magnéticos de referencia teniendo una amplitud diferente. En realizaciones particulares, una de las amplitudes puede ser de amplitud cero (es decir, $B_{Cal} = 0$).

En otras realizaciones de la presente invención, el campo magnético de referencia tiene una amplitud que cambia de manera monótona durante la primera o la segunda sub-etapa.

Un método acorde con las realizaciones de la presente invención puede comprender además la realización de un doble muestreo correlacionado en la señal de salida detectada del sensor de campo magnético.

En una realización concreta, la presente invención proporciona un método para aislar la contribución de un campo magnético de referencia de la señal de salida de un sensor de campo magnético. El método comprende

- una primera etapa en la que se utiliza un primer conjunto de dos electrodos para polarizar el sensor y un segundo conjunto de dos electrodos se utiliza para detectar un voltaje, y
- una segunda etapa en la que se utiliza el segundo conjunto de dos electrodos para polarizar el sensor y el primer conjunto de dos electrodos se utiliza para detectar un voltaje,

el método se caracteriza porque

por lo menos una de entre la primera o la segunda etapa se divide en por lo menos dos sub-etapas (una primera sub-etapa y una segunda sub-etapa), el campo magnético de referencia generado por el generador de campo magnético, p. ej. bobina, asume una primera amplitud y/o sentido en la primera sub-etapa y una segunda amplitud y/o sentido en la segunda sub-etapa.

Las realizaciones del método descrito anteriormente de la presente invención pueden ser implementadas en un sistema de procesamiento. Una configuración de un sistema de procesamiento incluye por lo menos un procesador programable acoplado a un subsistema de memoria que incluye por lo menos una forma de memoria, por ejemplo, RAM, ROM, etc. Hay que señalar que el procesador o procesadores pueden ser de uso general, o un procesador de uso especial, y pueden ser para su inclusión en un dispositivo, por ejemplo, un chip que tiene otros componentes que llevan a cabo otras funciones. Por lo tanto, uno o varios aspectos de la presente invención se pueden implementar en circuitos electrónicos digitales o en el hardware, firmware, software o combinaciones de ellos de un ordenador. El sistema de procesamiento puede incluir un subsistema de almacenamiento que tiene por lo menos una unidad de disco y/o unidad de CD-ROM y/o DVD. En algunas implementaciones, un sistema de pantalla, un teclado y un dispositivo de señalización pueden incluirse como parte de un subsistema de interfaz de usuario para permitir a un usuario introducir manualmente información, por ejemplo introducir las instrucciones para la realización de una etapa de calibración. También pueden incluirse puertos para la entrada y salida de datos. Uno de los puertos puede por ejemplo recibir activadores externos, tales como señales de temperatura, por ejemplo, para activar una etapa de calibración. También se pueden incluir más elementos, como conexiones de red, interfaces para diversos dispositivos etc., pero no se describen con detalle. Los diversos elementos del sistema de procesamiento se pueden acoplar de diversas maneras, incluso a través de un subsistema de bus, que puede ser un solo bus, pero los de la técnica entenderán la inclusión de un sistema de por lo menos un bus. La memoria del subsistema de memoria puede en algún momento contener parte o la totalidad de un conjunto de instrucciones que, cuando se ejecutan en el sistema de procesamiento, implementan las etapas de las realizaciones del método descritas en este documento. De este modo, mientras que un sistema de procesamiento como se describe anteriormente es la técnica anterior, un sistema que incluye las instrucciones para implementar los aspectos de los métodos para la compensación de la deriva de la sensibilidad de un dispositivo de sensor de campo magnético no es la técnica anterior.

La presente invención también incluye un producto de programa informático que proporciona la funcionalidad de cualquiera de los métodos acordes con la presente invención cuando se ejecutan en un dispositivo de cálculo. Tal producto de programa informático puede incorporarse tangiblemente en un medio de soporte que lleva un código legible por máquina, para su ejecución por un procesador programable. La presente invención se refiere de este modo a un medio de soporte que lleva un producto de programa informático que, al ejecutarse en los medios informáticos, proporciona instrucciones para la ejecución de cualquiera de los métodos descritos anteriormente. El término "medio de soporte" se refiere a cualquier medio que participa en proporcionar instrucciones para que un procesador las ejecute. Tal medio puede adoptar muchas formas, incluyendo pero no limitado a, medios no volátiles y los medios de transmisión. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tales como un dispositivo de almacenamiento que es parte de un almacenamiento masivo. Las formas comunes de medios legibles por ordenador incluyen un CD-ROM, un DVD, un disco flexible o un disquete, una llave de memoria, una cinta, un chip de memoria o cartucho o cualquier otro medio del que pueda leer un ordenador. Diversas formas de medios legibles por ordenador pueden estar involucrados en llevar una o varias secuencias de una o varias instrucciones a un procesador para su ejecución. El producto de programa informático también se puede transmitir a través de una onda portadora en una red, tales como LAN, WAN o Internet. Los medios de transmisión pueden adoptar la forma de ondas acústicas o de luz, tales como las generadas en las comunicaciones de datos por infrarrojos o por ondas de radio. Los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, cables de cobre y fibra óptica, incluyendo los cables que comprenden un bus dentro de un ordenador.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo de medición de campo magnético. El dispositivo de medición de campo magnético acorde con las realizaciones de la presente invención comprende:

- un sensor de campo magnético, por ejemplo, un sensor Hall, para la detección de un campo magnético, el sensor de campo magnético comprende por lo menos cuatro electrodos,

- un elemento de polarización para polarizar el sensor de campo magnético,

- un circuito de medición para la medición de una señal de salida del sensor de campo magnético,

- una caja de distribución para la conexión de un primer conjunto de electrodos con el elemento de polarización y un segundo conjunto de electrodos con los circuitos de lectura durante el primer periodo de tiempo, y para conectar el segundo conjunto de electrodos con el elemento de polarización y el primer conjunto de electrodos con los circuitos de lectura durante un segundo periodo de tiempo,

- un generador de campo magnético de referencia para generar un campo magnético de referencia, y

- un elemento de polarización de campo magnético de referencia para cambiar los parámetros de campo magnético del campo magnético de referencia.

El dispositivo de medición de campo magnético se adapta para el cambio de los parámetros de campo magnético de referencia dentro de por lo menos uno de entre el primer o el segundo periodo de tiempo.

Durante el primer periodo de tiempo y durante una primera parte del segundo periodo de tiempo el campo magnético de referencia tiene una primera amplitud y una primera fase, mientras que durante la segunda parte del segundo periodo de tiempo el campo magnético de referencia tiene una de entre a) una segunda amplitud que es diferente de la primera amplitud y la misma fase, b) una amplitud cero o c) la primera amplitud y una fase opuesta a la primera fase.

En las realizaciones de la presente invención, el circuito de medición se adapta para detectar una señal de salida del sensor de campo magnético por lo menos una vez durante cada uno de los periodos de tiempo primero y segundo, y durante por lo menos uno de los periodos de tiempo primero y segundo antes y después de cambiar los parámetros de campo magnético de referencia.

Los aspectos particulares y preferidos de la invención se establecen en las reivindicaciones adjuntas independientes y dependientes. Las características de las reivindicaciones dependientes se pueden combinar con las características de las reivindicaciones independientes y con características de otras reivindicaciones dependientes según sea adecuado y no sólo como se establece explícitamente en las reivindicaciones.

Las características, funciones y ventajas anteriores y otras de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomados conjuntamente con los dibujos que se acompañan, que ilustran a modo de ejemplo los principios de la invención. Esta descripción se da solo como ejemplo, sin limitar el alcance de la invención. Las figuras de referencia citadas a continuación se refieren a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una representación esquemática de una placa estándar de Hall.

La Fig. 2 muestra el principio de la técnica de cancelación dinámica de desviación de la técnica anterior.

La Fig. 3 ilustra la fase 1 de una primera realización de un método acorde con las realizaciones de la presente invención para aislar las contribuciones del campo magnético externo, el campo magnético de referencia y la desviación con la salida de la señal del sensor.

5 La Fig. 4 ilustra la fase 2, sub-fase 1 de la primera realización de un método acorde con las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 5 ilustra la fase 2, sub-fase 2 de la primera realización de un método acorde con las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 6 ilustra un diagrama de tiempos para un método acorde con la primera realización de la presente invención.

10 La Fig. 7 ilustra un diagrama de tiempos para un método acorde con una segunda realización de la presente invención.

La Fig. 8 ilustra un diagrama de tiempos para un método acorde con una tercera realización de la presente invención.

La Fig. 9 ilustra un diagrama de tiempos para un método acorde con una cuarta realización de la presente invención.

15 La Fig. 10 ilustra una implementación de un dispositivo acorde con una realización de la presente invención adecuada para la realización de cualquiera de los métodos de la presente invención.

La Fig. 11 ilustra una realización de una fuente de corriente para su uso como elemento de calibración en un dispositivo acorde con las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 12 ilustra otra realización de una fuente de corriente para su uso como elemento de calibración en un dispositivo acorde con las realizaciones de la presente invención.

20 La Fig. 13A ilustra un diagrama de tiempos correspondiente a un método acorde con la segunda realización de la presente invención.

La Fig. 13B, ilustra un circuito digital que va a generar señales para la obtención del diagrama de tiempos de la Fig. 13A.

25 La Fig. 14 ilustra un diagrama de tiempos para un método acorde con una realización adicional de la presente invención.

La Fig. 15A y la Fig. 15B ilustran una etapa muestreo doble correlacionado (CDS) para su uso con un dispositivo acorde con las realizaciones de la presente invención, y el funcionamiento del mismo.

La Fig. 16 ilustra el uso del circuito de la Fig. 15A y la Fig. 15B en el caso de que no se necesite CDS.

En las diferentes figuras, los mismos signos de referencia se refieren a elementos iguales o análogos.

30 Descripción de realizaciones ilustrativas

La presente invención se describe con respecto a realizaciones particulares y haciendo referencia a determinados dibujos, pero la invención no se limita a los mismos sino sólo a las reivindicaciones. Los dibujos descritos sólo son esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede exagerarse y no dibujarse a escala por motivos ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no se corresponden a reducciones reales de la puesta en práctica de la invención.

35 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se utilizan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir una secuencia, ya sea temporal, espacial, clasificatoria o de alguna otra manera. Se ha de entender que los términos utilizados así son intercambiables en las circunstancias adecuadas y que las realizaciones de la invención que se describen en esta memoria son capaces de funcionar en otras secuencias a las que se describen o se ilustran en esta memoria.

40 Además, los términos superior, inferior, sobre, debajo y similares en la descripción y las reivindicaciones se utilizan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Se ha de entender que los términos utilizados así son intercambiables en las circunstancias adecuadas y que las realizaciones de la invención que se describen en esta memoria son capaces de funcionar en otras orientaciones a las que se describen o se ilustran en esta memoria.

45 Cabe señalar que la expresión "que comprende", utilizada en las reivindicaciones, no debe interpretarse como restringido a los medios indicados a partir de la misma; no excluye otros elementos o etapas. De este modo, ha de interpretarse como una especificación la presencia de las características, enteros, etapas o componentes establecidos a los que se refiere, pero no imposibilita la presencia o adición de una o varias características, enteros, etapas o componentes adicionales o agrupaciones de los mismos. De este modo, el ámbito de la expresión "un

dispositivo que comprende los medios A y B" no debe limitarse a los productos que consisten exclusivamente en los componentes A y B. Significa que con respecto a la presente invención, los únicos componentes relevantes del dispositivo son A y B.

Similarmente, cabe señalar que el término "acoplado", también utilizado en las reivindicaciones, no debe interpretarse restringido solamente a las conexiones directas. Pueden utilizarse los términos "acoplado" y "conectado", junto con sus derivados. Se debe entender que estos términos no están concebidos como sinónimos entre sí. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo A acoplado a un dispositivo B" no debe limitarse a los dispositivos o sistemas en los que un dispositivo A de salida se conecta directamente a un dispositivo B de entrada. Esto significa que existe un camino entre una salida de A y una entrada de B que puede ser un camino que incluye otros dispositivos o medios. "Acoplado" puede significar que dos o más elementos están ya sea en contacto directo físico o eléctrico, o que dos o más elementos no están en contacto directo con los demás, pero aún así cooperan o interaccionan entre sí.

La referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a "una realización" significa que una función, estructura o característica particular descrita en relación con la realización se incluye en por lo menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, las apariciones de la frase "en una realización" en varios lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no se refieren necesariamente todas a la misma realización, pero puede. Además, las funciones, estructuras o características particulares se pueden combinar de manera adecuada, como sería evidente para un experto en la técnica de esta descripción, en una o varias realizaciones.

Similarmente debe tenerse en cuenta que en la descripción de ejemplos de realización de la invención, las diversas características de la invención a veces se agrupan juntas en una sola realización, figura o descripción de las mismas con el fin de agilizar la descripción y ayudar en la comprensión de uno o varios de los diferentes aspectos inventivos. Este método de descripción, sin embargo, no debe interpretarse como un reflejo de la intención de que la invención reivindicada requiere más funciones que las expresamente relatadas en cada reivindicación. Más bien, como reflejan las siguientes reivindicaciones, los aspectos inventivos radican en menos de todas características de una sola realización precedente descrita. De este modo, las siguientes reivindicaciones de la descripción detallada se incorporan expresamente en esta descripción detallada, con cada reivindicación manteniéndose por sí misma como una realización independiente de esta invención.

Además, si bien algunas realizaciones que se describen en esta memoria incluyen algunas, pero no otras funciones incluidas en otras realizaciones, las combinaciones de funciones en diferentes realizaciones están destinadas para estar dentro del alcance de la invención, y formar diferentes realizaciones, como entenderán los de la técnica. Por ejemplo, en las siguientes reivindicaciones, cualquiera de las realizaciones reivindicadas se puede utilizar en cualquier combinación.

Además, algunas de las realizaciones se describen en esta memoria como un método o una combinación de elementos de un método que pueden ser implementados por un procesador de un sistema informático o por otros medios para llevar a cabo la función. De este modo, un procesador con las instrucciones necesarias para llevar a cabo este método o elemento de un método forma unos medios para llevar a cabo el método o elemento de un método. Además, un elemento descrito en esta memoria de una realización del aparato es un ejemplo de unos medios para llevar a cabo la función realizada por el elemento con el propósito de llevar a cabo la invención.

En la descripción proporcionada en esta memoria, se establecen numerosos detalles específicos. Sin embargo, se entiende que las realizaciones de la invención pueden ser llevadas a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han mostrado con detalle métodos, estructuras y técnicas bien conocidos a fin de no obstruir a la comprensión de esta descripción.

La invención se describirá ahora mediante una descripción detallada de varias realizaciones de la invención. Está claro que otras realizaciones de la invención pueden configurarse de acuerdo con el conocimiento de los expertos en la técnica.

En una primera realización, la presente invención se basa en el método de compensación dinámica de desviación de la técnica anterior descrita anteriormente para separar la contribución de la desviación, el campo magnético externo B_{Ext} y el campo magnético de referencia B_{Cal} a la señal de salida de un sensor Hall.

En una primera fase, por ejemplo, fase de 0 grados, como se ilustra en la Fig. 3, se aplica una señal de polarización para polarizar el sensor Hall entre un primer conjunto de dos electrodos diagonalmente opuestos a, c, por ejemplo, se aplica una corriente de polarización I_{Bias} entre los electrodos a, c. La señal V_H del sensor se mide entre los terminales H_i y L_o conectados a un segundo conjunto de dos electrodos diagonalmente opuestos b, d.

El campo magnético de referencia B_{Cal} es generado por un generador de campo magnético, por ejemplo, una corriente de referencia I_{Cal} que fluye a través de una bobina, en las proximidades del dispositivo de sensor magnético, por ejemplo, el sensor Hall, por ejemplo, una bobina que rodea la placa Hall.

La corriente de referencia I_{Cal} se mantiene constante en magnitud y sentido durante la primera fase, por ejemplo, el estado de 0 grados. El voltaje de Hall V_H a través de terminales H_i y L_o es:

$$V_{H1} = S B_{Ext} + S B_{Cal} + V_{op} \quad (Ec. 3)$$

De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la segunda fase o fase de 90 grados se divide en dos sub-fases. Durante ambas sub-fases de la segunda fase, se aplica una señal de polarización para polarizar el sensor Hall entre el segundo conjunto de dos electrodos diagonalmente opuestos b, d, por ejemplo, se aplica una corriente de polarización I_{Bias} entre los electrodos b, d. La señal V_H del sensor se mide entre los terminales H_i y L_o conectados a un primer conjunto de dos electrodos diagonalmente opuestos a, c.

En la primera de los dos sub-fases de 90 grados, como se ilustra en la Fig. 4, la corriente de referencia I_{Cal} mantiene la magnitud y el sentido que tenía durante la primera fase, por ejemplo, el estado de 0 grados. El voltaje de Hall V_H a través de terminales H_i y L_o es:

$$V_{H2} = S B_{Ext} + S B_{Cal} - V_{op} \quad (Ec. 4)$$

En la segunda de las dos sub-fases de 90 grados, como se ilustra en la Fig. 5, la corriente de referencia I_{Cal} mantiene la magnitud que tenía durante el estado de 0 grados y la primera de las dos sub-fases de 90 grados, pero su sentido se cambia de modo que el sentido del campo de referencia o de calibración se giran 180 grados. El voltaje de Hall V_H a través de terminales H_i y L_o es:

$$V_{H3} = S B_{Ext} - S B_{Cal} - V_{op} \quad (Ec. 5)$$

El sistema compuesto por las tres ecuaciones Ec. 3, Ec. 4, Ec. 5 es lineal con tres incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$. Su principal factor determinante es el siguiente:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

que es igual a - 4. Como ese factor determinante no es cero, se garantiza que existe una y sólo una solución única para las tres incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$ que satisface las tres ecuaciones Ec. 3, Ec. 4 y Ec. 5 simultáneamente.

Si el producto $y = S B_{Cal}$ varía de un instante a otro, la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} es constante (en vista de que la magnitud de la corriente de referencia I_{Cal} se mantiene constante), esto significa que ha variado la sensibilidad S del sensor Hall. El conocimiento de las variaciones de la sensibilidad S a través del conocimiento de las variaciones de $y = S B_{Cal}$ se puede utilizar para corregir las mediciones realizadas por el campo magnético externo B_{Ext} mediante ampliación, por ejemplo.

La comparación del valor instantáneo del producto $y = S B_{Cal}$ con un valor de referencia $Y_0 = S_0 B_{Cal}$ (correspondiente a una determinada temperatura T_0 , un determinado nivel del campo magnético total B_0 que cruza el sensor, un instante determinado de tiempo t_0 ...o una combinación de estas condiciones iniciales) hace posible la determinación de un factor de corrección $\alpha = y_0 / y$. Al tener $S_0 = \alpha S$, es posible corregir la variación de la sensibilidad S que afecta al producto $x = S B_{Ext}$ multiplicándolo por α . Esta corrección garantiza que las mediciones realizadas para el campo magnético externo B_{Ext} no se verán afectada por la deriva de la sensibilidad.

Un diagrama de tiempos de esta primera realización se ilustra en la Fig. 6. Se muestra una señal de reloj CLK para determinar si el sistema está en la primera fase o fase de 0 grados, o en la segunda fase o fase de 90 grados. La señal de reloj CLK, en la realización ilustrada, puede ser una señal digital que tiene sólo dos estados, por ejemplo, un estado alto "1" y un estado bajo "0". Dependiendo del valor de la señal de reloj CLK el primer conjunto de electrodos diagonalmente opuestos a, c, o el segundo conjunto de electrodos diagonalmente opuestos b, d del dispositivo de sensor magnético se utiliza para la medición, mientras que el otro conjunto de electrodos diagonalmente opuestos se utiliza para polarizar el dispositivo de sensor magnético. El diagrama de tiempos de la Fig. 6 también muestra el campo magnético externo B_{Ext} , que es el campo a medir, y que es constante en las dos fases. La Fig. 6 también ilustra el campo magnético de referencia B_{Cal} que tiene un primer sentido y una amplitud B_{Cal0} durante la primera fase y la primera parte de la segunda fase, y que tiene la misma amplitud B_{Cal0} pero un sentido diferente en la segunda parte de la segunda fase. Las mediciones de la señal de salida del dispositivo de sensor magnético, por ejemplo, el voltaje de Hall entre los terminales H_i y L_o , se lleva a cabo en instantes de tiempo t_1 , t_2 y t_3 , es decir, una vez (t_1) durante la primera fase, una vez (t_2) durante la primera sub-fase de la segunda fase y una vez (t_3) durante la segunda sub-fase de la segunda fase.

En una segunda realización, como se ilustra en el gráfico de tiempos de la Fig. 7, el campo magnético de referencia o calibración B_{Cal} se anula (magnitud es igual a cero) durante una de las dos sub-fases de 90 grados, por ejemplo, durante la segunda sub-fase de 90 grados, en lugar de ser invertido de sentido, manteniendo la misma amplitud. En la primera de las dos sub-fases de 90 grados, de acuerdo con esta realización, la corriente de referencia I_{Cal} mantiene la magnitud y el sentido que tenía en el estado de 0 grados. El sistema resultante de ecuaciones es:

$$V_{H1} = S B_{Ext} + S B_{Cal} + V_{op} \quad (Ec. 6)$$

$$V_{H2} = S B_{Ext} + S B_{Cal} - V_{op} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$V_{H3} = S B_{Ext} - V_{op} \quad (\text{Ec. 8})$$

El principal factor determinante de este sistema de ecuaciones en las incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$ es:

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{array}$$

que es igual a -2. Como ese factor determinante no es cero, se garantiza que existe una y sólo una solución única para las tres incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$ que satisface las tres ecuaciones Ec. 6, Ec. 7 y Ec. 8 simultáneamente.

Si el producto $y = S B_{Cal}$ varía de un instante a otro, la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} es constante (en vista de que la magnitud de la corriente de referencia I_{Cal} que genera el campo magnético de referencia B_{Cal} se mantiene constante), esto significa que ha variado la sensibilidad S del dispositivo de sensor magnético, p. ej. sensor Hall. El conocimiento de las variaciones de la sensibilidad S a través del conocimiento de las variaciones de $y = S B_{Cal}$ se puede utilizar para corregir las mediciones realizadas por el campo magnético externo B_{Ext} que se va a medir, por ejemplo mediante ampliación.

De nuevo, la comparación del valor instantáneo del producto $y = S B_{Cal}$ con un valor de referencia $Y_0 = S_0 B_{Cal}$ (correspondiente a una determinada temperatura T_0 , un determinado nivel del campo magnético total B_0 que cruza el sensor, un instante determinado de tiempo $t_0, \dots$ o una combinación de estas condiciones iniciales) hace posible la determinación de un factor de corrección $\alpha = y_0/y$. Al tener $S_0 = \alpha S$, es posible corregir la variación de la sensibilidad S que afecta al producto $x = S B_{Ext}$ multiplicándolo por α . Esta corrección garantiza que las mediciones realizadas para el campo magnético externo B_{Ext} no se verán afectadas por la deriva de la sensibilidad.

En una tercera realización, la primera y segunda fases, por ejemplo, fases de 0 grados y de 90 grados, se dividen en dos sub-fases en las que se cambia el sentido y/o la magnitud del campo de calibración (véase por ejemplo la Fig. 8). Los valores resultantes obtenidos por el producto $S B_{Cal}$ pueden ser, por ejemplo, promediados para determinar si la sensibilidad S ha variado o no.

En primer lugar se considera el caso en el que la amplitud del campo de calibración se mantiene constante pero su sentido se varía de una sub-fase a otra y esto es para las dos fases de 0 grados y de 90 grados (véase la Fig. 8). Las mediciones de los voltajes de salida V_{H1} , V_{H2} , V_{H3} , V_{H4} se realizan en instantes de tiempo t_1 , t_2 , t_3 y t_4 en cada una de las sub-fases, respectivamente.

En ese caso, la medición de los voltajes de salida V_{H1} , V_{H2} , V_{H3} , V_{H4} del sensor Hall en cada una de las sub-fases dan lugar a cuatro ecuaciones lineales. Contrariamente a lo que se ha hecho en las realizaciones anteriores, no tiene por qué suponer que la V_{op} de desviación es la misma en la primera y segunda fases, por ejemplo, las fases de 0 grados y de 90 grados. Se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$V_{H1} = S B_{Ext} - S B_{Cal} + V_{op} \text{ (0 grados)} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$V_{H2} = S B_{Ext} + S B_{Cal} + V_{op} \text{ (0 grados)} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$V_{H3} = S B_{Ext} + S B_{Cal} - V_{op} \text{ (90 grados)} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$V_{H4} = S B_{Ext} - S B_{Cal} - V_{op} \text{ (90 grados)} \quad (\text{Ec. 12})$$

Cuatro ecuaciones lineales se obtienen de este modo (Ec. 9, Ec. 10, Ec. 11, Ec. 12) en las cuatro incógnitas $S B_{Ext}$, $S B_{Cal}$, V_{op} (0 grados) y V_{op} (90 grados).

El principal factor determinante de este sistema de ecuaciones en estas 4 incógnitas es:

$$\begin{array}{cccc} 1 & -1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & -1 \end{array}$$

que es igual a 0, lo que significa que las soluciones únicas para (cada uno de) las incógnitas $S B_{Ext}$, $S B_{Cal}$, V_{op} (0 grados) y V_{op} (90 grados) no se puede encontrar mediante la aplicación del algoritmo de resolución bien conocido. En lugar de resolver las ecuaciones para todas las incógnitas, $S B_{Cal}$ se puede estimar por promedio de los voltajes de salida medidos de la siguiente manera:

$$S B_{Cal} = \frac{1}{4} (V_{H2} - V_{H1} + V_{H3} - V_{H4}) \quad (\text{Ec. 13})$$

Una vez que se sabe el valor estimado de $S B_{Cal}$, es posible evaluar la variación de la sensibilidad S del sensor Hall y compensarla mediante por ejemplo ampliación, como se indica anteriormente.

5 En una cuarta realización, como se ilustra en el diagrama de tiempos de la Fig. 9, el campo magnético de referencia o calibración B_{Cal} aumenta en amplitud durante una o las dos sub-fases de 90 grados, por ejemplo, durante la segunda sub-fase de 90 grados, y no se invierte de sentido. En la primera de las dos sub-fases de 90 grados, de acuerdo con esta realización, la corriente de referencia I_{Cal} mantiene la magnitud y el sentido que tenía en el estado de 0 grados. El sistema resultante de ecuaciones es:

$$V_{H1} = S B_{Ext} + S B_{Cal} + V_{op} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$10 \quad V_{H2} = S B_{Ext} + S B_{Cal} - V_{op} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$V_{H3} = S B_{Ext} + S N B_{Cal} - V_{op} \quad (\text{Ec. 16})$$

El principal factor determinante de este sistema de ecuaciones en las incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$ es:

$$15 \quad \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & N & -1 \end{array}$$

que es igual a $2N - 2$. El principal factor determinante $\text{Det}(N)$ del sistema es, de este modo función de N . Para $N = 2$, el principal factor determinante es igual a 2. Para $N = 0,5$, el principal factor determinante es igual a -1 (en cuyo caso no es necesaria la división por el principal factor determinante, cuando se resuelve el sistema de la ecuación por su incógnita). Para $N = 1,5$ el principal factor determinante es igual a 1 (en cuyo caso la resolución del sistema para sus incógnitas, no requerirá la división ni cambio de signo). A partir de estos ejemplos, parece que la elección de N influye en la complejidad de la calculadora digital que se utiliza para resolver el sistema. Una elección adecuada de N también puede simplificar el diseño de una calculadora analógica: la división analógica es compleja y propensa a errores, la deriva con la temperatura,... y por lo tanto, la elección de $N = 1,5$ o $N = 0,5$ permitirá resolver el sistema de ecuaciones sin la división por $\text{Det}(N)$.

25 Como el factor determinante anterior es distinto de cero si N es diferente de 1 (lo que significa que la amplitud del campo magnético externo B_{Cal} durante la segunda sub-fase de la segunda fase se diferencia de la amplitud del campo magnético externo B_{Cal} durante la primera fase y la primera sub-fase de la segunda fase), la preparación cuando se cambia el campo magnético externo en la segunda sub-fase a un valor superior al valor durante la otra fase y sub-fase, garantiza que existe una y sólo una solución para las tres incógnitas $x = S B_{Ext}$, $y = S B_{Cal}$ y $z = V_{op}$ que satisface las tres ecuaciones Ec. 14, Ec. 15 y Ec. 16 al mismo tiempo.

Si el producto $y = S B_{Cal}$ varía entre un instante de tiempo t_1 y un instante de tiempo t_2 , la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} es constante (en vista de que la magnitud de la corriente de referencia I_{Cal} que genera el campo magnético de referencia B_{Cal} se mantiene constante), esto significa que ha variado la sensibilidad S del dispositivo de sensor magnético, p. ej. sensor Hall. El conocimiento de las variaciones de la sensibilidad S a través del conocimiento de las variaciones de $y = S B_{Cal}$ se puede utilizar para corregir las mediciones realizadas por el campo magnético externo B_{Ext} que se va a medir, mediante ampliación por ejemplo.

De nuevo, la comparación del valor instantáneo del producto $y = S B_{Cal}$ con un valor de referencia $Y_0 = S_0 B_{Cal}$ (correspondiente a una determinada temperatura T_0 , un determinado nivel del campo magnético total B_0 que cruza el sensor, un instante determinado de tiempo t_0 ,...o una combinación de estas condiciones iniciales) hace posible la determinación de un factor de corrección $\alpha = y_0/y$. Al tener $S_0 = \alpha S$, es posible corregir la variación de la sensibilidad S que afecta al producto $x = S B_{Ext}$ multiplicándolo por α . Esta corrección garantiza que las mediciones realizadas para el campo magnético externo B_{Ext} no se verán afectadas por la deriva de la sensibilidad.

45 En las realizaciones anteriores, en las que se divide sólo una fase en sub-fases en las que el campo magnético de referencia B_{Cal} tiene propiedades diferentes, el campo magnético de referencia mantiene su valor durante la primera fase, por ejemplo, fase de 0 grados, y es la segunda fase, por ejemplo, la fase de 90 grados la que se divide en dos sub-fases con diferentes propiedades cada una para el campo magnético de referencia. Sin embargo, esto no se pretende que sean limitativo de la invención. En realizaciones alternativas, no se ilustran en los dibujos, el campo magnético de referencia podría tener diferentes propiedades durante dos sub-fases de la primera fase, por ejemplo, fase de 0 grados, al tiempo que mantienen constantes las propiedades durante toda la segunda fase, por ejemplo, fase de 90 grados.

Además, en los ejemplos ilustrados, las fases primera y segunda tienen una duración de tiempo igual, que no se pretende que sea un factor limitante para la presente invención. También las sub-fases pueden tener, pero no es necesario que la tengan, igual duración de tiempo.

Las mediciones se pueden realizar cerca de la mitad de un período de tiempo de una fase o una sub-fase, pero también pueden seleccionarse otros momentos en el tiempo para realizar las mediciones, por ejemplo, más hacia el final de una fase o sub-fase, o más hacia el comienzo de una fase o sub-fase.

Los efectos que afectan a la sensibilidad S son, por ejemplo, sin ser exhaustivos, la temperatura, el envejecimiento, el estrés aplicado sobre un sustrato de semiconductor en el que se integra el sensor Hall. Con una notable excepción que se explicará más adelante, los efectos generalmente tienen constantes de tiempo que son mucho mayores que el tiempo típico que se tarda en hacer la medición V_{H1} , V_{H2} , V_{H3} (y, opcionalmente, V_{H4}). Por lo tanto, la generación del campo de calibración B_{Cal} y evaluación de la cantidad $S B_{Cal}$ no necesariamente se lleva a cabo cada vez que se mide el campo magnético externo B_{Ext} . La calibración puede realizarse de forma regular a una tasa inferior a la tasa a la que cambia la primera y segunda fases, por ejemplo, las fases de 0 grados y de 90 grados.

Un ejemplo de hardware que implementa los métodos de calibración acordes con las realizaciones de la presente invención se da en la Fig. 10.

Un dispositivo de sensor magnético, por ejemplo un sensor Hall 91, tiene sus cuatro electrodos principales (a, b, c, d) conectados a una caja de distribución 92. La configuración de los interruptores de la caja de distribución 92 está determinada por la señal digital CLK. Cuando la señal CLK está en un primer estado, por ejemplo, un estado '1' o alto (H), la caja de distribución 92 conectará los electrodos a y b a un elemento de polarización 93 (ya sea una fuente de corriente de polarización o una fuente de voltaje de polarización) y a un voltaje de referencia, p. ej. tierra, como en la Fig. 10, y los electrodos c y d a las entradas de una etapa de amplificación 94 con ganancia G . Cuando la señal CLK está en un segundo estado, por ejemplo, un estado '0' o bajo (L), la caja de distribución 92 conectará los electrodos c y d al elemento de polarización 93 (ya sea una fuente de corriente de polarización o una fuente de voltaje de polarización) y a un voltaje de referencia, p. ej. tierra, como en la Fig. 10, y los electrodos a y b a las entradas de una etapa de amplificación 94 con ganancia G . La ganancia G se supone que no varía con la temperatura. Esta suposición se verifica por ejemplo en un circuito integrado en el que la ganancia G se determina generalmente por el cociente de dos resistencias que tienen el mismo coeficiente de temperatura y que envejecen sustancialmente igual, o por el cociente de dos capacitancias de condensadores que tienen el mismo coeficiente de temperatura y que envejecen sustancialmente igual. Este supuesto se hace solo por el bien de la claridad y no limita el alcance de esta invención, ya que la variación de la ganancia con un parámetro, tal como por ejemplo la temperatura será compensada de forma análoga a la variación de la sensibilidad S del dispositivo de sensor magnético (para llegar a esa conclusión se razonará acerca de las cantidades $G \cdot S B_{Ext}$, $G \cdot S B_{Cal}$ y $C \cdot V_{op}$). En ambos estados de la señal CLK, la diferencia de voltaje entre las entradas del amplificador 94 es el voltaje de Hall V_H , es decir, el voltaje de salida del dispositivo de sensor magnético. La señal Hall amplificada $G \cdot V_H$ en la salida del amplificador 94 puede ser introducida a una unidad de cálculo. La unidad de cálculo puede ser una calculadora analógica para realizar cálculos de los valores analógicos. En realizaciones alternativas, la calculadora puede comprender un convertidor analógico a digital (ADC) 95, cuya salida se introduce en una unidad de procesamiento digital. El resultado digital de la conversión de analógico a digital está disponible /se introduce/ es adquirida por un elemento de procesamiento o calculadora 96. El elemento de procesamiento o calculadora 96 pueden ser de uso general, o un procesador de uso especial, y pueden ser para su inclusión en un dispositivo, por ejemplo, un chip que tiene otros componentes que llevan a cabo otras funciones. El elemento de procesamiento puede ser por ejemplo un microcontrolador, un microprocesador o una máquina de estado. En particular, se puede incluir un controlador programable, por ejemplo, un dispositivo de lógica digital programable, tal como un *Programmable Array Logic* (PAL), un *Programmable Logic Array* (PLA), un *Programmable Gate Array*, especialmente en un *Field Programmable Gate Array* (FPGA). El elemento de procesamiento o calculadora 96 se puede adaptar para generar también la señal CLK cuando la señal no es generada por un generador distinto de señales 97. Un generador de campo magnético de referencia, por ejemplo, la bobina 98, genera un campo magnético de referencia B_{Cal} , por ejemplo, cuando una corriente de referencia I_{Cal} se envía a través de él. La orientación del campo magnético de referencia B_{Cal} generado por la bobina 98 es tal que será detectada por el sensor Hall 91. La amplitud y el sentido del campo magnético de referencia B_{Cal} son determinados por un elemento de polarización 99 por ejemplo, una fuente de señal eléctrica, tal como una fuente de corriente o una fuente de voltaje. En realizaciones particulares, la amplitud de la corriente de referencia I_{Cal} puede ser determinada por un DAC es decir, un convertidor de digital a analógico. El sentido de la corriente de referencia I_{Cal} generada por la fuente de corriente 99 determinará el sentido del campo magnético de referencia B_{Cal} . La amplitud de la corriente de referencia I_{Cal} generada por la fuente de corriente 99 determinará la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} . Si bien las variaciones de la amplitud de corriente I_{Cal} con los parámetros como la temperatura, el envejecimiento de los componentes,... es el caso general, se supondrá por el bien de la claridad que la amplitud de I_{Cal} no varía en función de esos parámetros. Esto se puede obtener, por ejemplo, con circuitos integrados, que permiten la fabricación de fuentes de corriente que generan corrientes con amplitudes que siguen siendo sustancialmente constantes en amplios intervalos de temperaturas.

La Fig. 11 ilustra un ejemplo de una fuente de corriente 99 que se puede utilizar para generar un campo magnético de referencia B_{Cal} considerado, por ejemplo, en la primera realización de los métodos acordes con las realizaciones de la presente invención. Cuatro interruptores, por ejemplo transistores MOSFET, M1, M2, M3 y M4 se conectan para formar un puente H completo. La bobina 98 se conecta a las salidas del puente H completo. Cuando los interruptores M1 y M4 se cierran (mientras los interruptores M2 y M3 están abiertos), la corriente I_{Cal} fluirá a través de la bobina 98 en un primer sentido. Cuando los interruptores M2 y M3 se cierran (mientras los interruptores M1 y M4 están abiertos), la corriente I_{Cal} fluirá a través de la bobina 98 en un segundo sentido. El cambio de sentido de la

corriente en la bobina 98 tiene como resultado el cambio de la polaridad del campo magnético B_{Cal} (es decir, el cambio de signo de B_{Cal} en la Fig. 6 y la Fig. 8. La amplitud de la corriente de calibración I_{Cal} está determinada por (a) una corriente de referencia I_{Ref} (generada de cualquier forma adecuada conocida en la técnica) y (b) la relación entre las dimensiones de los transistores M6 y M5. La apertura y cierre de los transistores M1, M2, M3 y M4 pueden controlarse, por ejemplo, mediante el elemento de procesamiento o calculadora 96.

La Fig. 12 ilustra un ejemplo de una fuente de corriente 99 que se puede utilizar para generar un campo magnético de referencia B_{Cal} considerado, por ejemplo, en la segunda realización de los métodos acordes con las realizaciones de la presente invención. La amplitud de la corriente de calibración I_{Cal} está determinada por (a) una corriente de referencia I_{Ref} (generada de cualquier forma adecuada conocida en la técnica) y (b) la relación entre las dimensiones de los transistores M6 y M5 que forma una corriente reflejo (donde M5 refleja M6). En la Fig. 7, el campo magnético de calibración mantiene la misma amplitud y la misma polaridad a lo largo de la fase de 0 grados y la primera sub-fase de la fase de 90 grados. Esto se puede realizar con el circuito de la Fig. 12 cuando el interruptor de transistor M1 está cerrado y permite que la corriente I_{Cal} fluya a partir de una fuente de alimentación, a través del interruptor de transistor M1, a través de la bobina 98 y a través del transistor M5. El campo magnético de calibración se cancela durante la segunda sub-fase de la fase de 90 grados: esto se realiza mediante la apertura del interruptor de transistor M1. La apertura y cierre del interruptor de transistor M1 pueden controlarse mediante, por ejemplo, el elemento de procesamiento o calculadora 96.

En un caso más general, la fuente de corriente 99 puede ser un convertidor de corriente analógico a digital de un código que traduce un código digital determinado por el elemento de procesamiento o calculadora 96 a una corriente I_{Cal} .

El elemento de procesamiento o calculadora 96 es un controlador adaptado para controlar el correcto funcionamiento del hardware que se ilustra en la Fig. 10. Además de realizar los cálculos sobre las señales de salida del dispositivo de sensor magnético, y determinar los parámetros del campo magnético de referencia (por ejemplo, controlando el elemento de polarización 99), el elemento de procesamiento o calculadora 96 también puede determinar el momento en el tiempo en el que el voltaje de Hall amplificado en la salida del amplificador 94 se muestrea, por ejemplo, convertido por el ADC 95. La Fig. 13 muestra para la segunda realización, como también se ilustra en la Fig. 7, la señal CLK que determina si el sistema está en una primera o en una segunda fase, por ejemplo fase de 0 grados o de 90 grados una señal SubPhi, que es una señal que divide la primera y la segunda fases, por ejemplo las fases de 0 y de 90 grados, cada una en dos sub-fases (1) y (2), y el correspondiente campo magnético de referencia B_{Cal} . Las señales CLK y sub-Phi se pueden combinar (de varias maneras, conocidas por el experto en la técnica) en una señal que indica que el voltaje (amplificado) de Hall se debe medir, por ejemplo, convertido por el ADC 95 para la adquisición por el elemento de procesamiento o calculadora 96. Por ejemplo, las señales CLK y Sub-Phi, como se ilustra en la Fig. 13 se combinan de acuerdo a la tabla de verdad a continuación para determinar cuándo activar y cuándo cancelar el campo magnético de calibración B_{Cal} y las sub-fases dentro de las que se necesita conversión analógica a digital:

Tabla 1.

	CLK	Sub-Phi	B_{Cal}^*	ADC_Req
0 grados	H	L	H	H
	H	H	H	L
90 grados	L	L	H	H
	L	H	L	H

Cuando la señal digital B_{Cal}^* es alta, se genera un campo magnético de calibración B_{Cal} mediante la bobina 98. Esto corresponde en la Fig. 13 a la fase de 0 grados completa (la señal CLK es H) y la primera sub-fase de la fase de 90 grados (la señal CLK es L y la señal Sub-Phi es L). Cuando la señal digital B_{Cal}^* es baja, el campo magnético de calibración B_{Cal} se cancela. Esto corresponde en la Fig. 13 a la segunda sub-fase de la fase de 90 grados (señal CLK es L y la señal Sub-Phi es H).

Cuando la señal digital ADC_Req es alta, indica que se necesita una adquisición de señal y la conversión de analógica a digital de la señal (es decir, alrededor de los instantes, t_1 , t_2 y t_3 en la Fig. 13A). En la Fig. 13, esto sucede una vez durante la fase de 0 grados (instante t_1) cuando CLK es H y Sub-Phi es bajo y ocurre dos veces durante los 90 grados. Un ejemplo de circuito digital que generará las señales de acuerdo a la Tabla 1 se da en la Fig. 13B. El elemento de procesamiento o calculadora 96 comprobará el valor de las dos señales B_{Cal}^* y ADC_Req dentro de cada sub-fase y actuará en consecuencia. Como alternativa, el elemento de procesamiento 96 puede utilizar la tabla 1 como una tabla de búsqueda para generar las señales B_{Cal}^* y ADC_Req.

Para la segunda realización, el voltaje de Hall amplificado $G \cdot V_H$ es convertido por el ADC 95 y adquirido por el elemento de procesamiento o calculadora 96 una vez durante la primera fase, por ejemplo, la fase de 0 grados, (en el momento t_1 , por ejemplo en la Fig. 13) y dos veces durante la segunda fase, por ejemplo fase de 90 grados, (una vez en la sub-fase (1) de la fase de 90 grados - por ejemplo, en el momento t_2 - y una vez en la sub-fase (2) de la fase de 90 grados en el momento t_3 , por ejemplo). Para cada medición, se puede escribir una ecuación similar a una de las ecuaciones Ec. 6, Ec. 7 o Ec. 8:

$$G \cdot V_{H1} = G \cdot (S B_{Ext} + S B_{Cal} + V_{op}) \quad (Ec. 17)$$

$$G \cdot V_{H2} = G \cdot (S B_{Ext} + S B_{Cal} - V_{op}) \quad (Ec. 18)$$

$$G \cdot V_{H3} = G \cdot (S B_{Ext} - V_{op}) \quad (Ec. 19)$$

Después de haber adquirido las mediciones $G \cdot V_{H1}$, $G \cdot V_{H2}$, $G \cdot V_{H3}$ el elemento de procesamiento o calculadora 96 continúa y calcula $S B_{Cal}$ y $S B_{Ext}$ de la siguiente manera:

$$2 \cdot G \cdot S B_{Ext} = 2 \cdot G \cdot V_{H3} + (G \cdot V_{H1} - G \cdot V_{H2}) \quad (Ec. 20)$$

$$G \cdot S B_{Cal} = G \cdot V_{H2} - G \cdot V_{H3} \quad (Ec. 21)$$

Sea $G \cdot S B_{Cal|0}$ ($G \cdot S_0 B_{Cal}$) el valor de la cantidad $G \cdot S B_{Cal}$ evaluada en un momento dado en el pasado (por ejemplo justo después del montaje y encendido del hardware de la Fig. 10) y a una temperatura T_0 (Siendo S_0 la sensibilidad del sensor Hall 91 en ese momento y con esa temperatura). Si la cantidad $G \cdot S B_{Cal}$ varía de un momento de evaluación (de acuerdo a la Ec. 21) a otro, la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} y la ganancia G es constante, significa que la sensibilidad S del sensor Hall ha variado. El conocimiento de las variaciones de S a través del conocimiento de las variaciones de $G \cdot S B_{Cal}$ tal como se calcula por el elemento de procesamiento o calculadora 96 de acuerdo con la ecuación 21 se puede utilizar para corregir las mediciones realizadas por el campo magnético externo B_{Ext} a través de ampliación, por ejemplo.

La comparación del valor instantáneo de la cantidad de $G \cdot S B_{Cal}$ con $G \cdot S B_{Cal|0}$ hace posible la determinación de un factor de corrección $\alpha = G \cdot S B_{Cal|0} / G \cdot S B_{Cal}$. El factor de corrección es calculado por el elemento de procesamiento o calculadora 96. El elemento de procesamiento o calculadora 96 corrige la variación de la sensibilidad S que afecta al producto $2 \cdot G \cdot S B_{Ext}$ multiplicándolo por α . Esta corrección garantiza que las mediciones realizadas para el campo magnético externo no se verán afectadas por la deriva de la sensibilidad, y esto sin conocimientos a priori de la dependencia de la sensibilidad S de factores externos tales como la temperatura, el estrés,... y sin medida real de estos factores externos, como por ejemplo la temperatura, el estrés,... Las operaciones de suma, resta, división,... pueden ser llevadas a cabo por el elemento de procesamiento o calculadora 96 de cualquiera manera conveniente conocida en la técnica. El almacenamiento de los resultados de las mediciones $G \cdot V_{H1}$, $G \cdot V_{H2}$, $G \cdot V_{H3}$ en un formato utilizable por el elemento de procesamiento o calculadora 96 se puede hacer con la ayuda de registros, elementos de memoria, ... disponibles para tal fin en cualquier forma adecuada conocida en la técnica. En un caso general, no tiene que suponerse que la ganancia G del amplificador 94 se ha mantenido constante. La compensación de la deriva de la ganancia G será compensada junto con la variación de la sensibilidad, el factor de corrección alfa que ahora incluye la ganancia G . En esta realización, una fase de calibración comprende la generación de un campo magnético de referencia que varía, por ejemplo, como se ilustra en la Fig. 13, tomando tres mediciones del voltaje de Hall en tres instantes de tiempo t_1 , t_2 , t_3 expandidos por un ciclo (primera y segunda fase) de la señal CLK generada con el propósito de aislar la contribución de un campo magnético externo B_{Ext} al voltaje de Hall V_H a partir de una desviación V_{op} que afecta a este voltaje de Hall V_H , evaluando la cantidad $G \cdot S B_{Cal}$, y determinando un factor de corrección $\alpha = G \cdot S B_{Cal|0} / G \cdot S B_{Cal}$. El factor de corrección α se utiliza entonces para corregir la medición del campo magnético externo B_{Ext} hasta la siguiente fase de calibración en la que se calculará un factor de corrección actualizado. El elemento de procesamiento o calculadora 96 puede ser programado para realizar la fase de calibración de manera continua (es decir, cada ciclo de CLK), de manera regular pero a un ritmo más lento que la señal CLK (por ejemplo, una vez cada varios ciclos de CLK, por ejemplo una vez cada 10 ciclos de CLK) o en base a una necesidad, en cuyo caso el elemento de procesamiento o calculadora 96 pueden recibir una señal de entrada, por ejemplo una señal suministrada por un usuario o suministrada externamente, indicando que es necesario realizar un proceso de calibración. El elemento de procesamiento o calculadora 96 puede funcionar en base a una necesidad cuando se tiene acceso por ejemplo a las lecturas de un sensor de temperatura (no mostrado) que detecta la temperatura del sensor Hall o los alrededores del sensor Hall (suponiendo entonces que la temperatura del sensor Hall sigue la temperatura medida por el sensor de temperatura). Una variación de la temperatura como la indicada por el sensor de temperatura será acompañada por la variación de la sensibilidad S e indicará que es necesaria la calibración del sensor. Fuera de las fases de calibración, se utiliza el mismo hardware y la señal $S B_{Ext}$ se aísla de una desviación V_{op} que contribuye al Voltaje de Hall total V_H en la salida del sensor Hall 91, con una técnica de compensación dinámica de desviación conocida de la técnica.

En algunos casos, por ejemplo cuando el elemento de procesamiento o calculadora 96 es una máquina de estados de tamaño y complejidad limitados, puede ser ventajoso limitar el papel del elemento de procesamiento o calculadora 96 a la determinación de $G \cdot S B_{Cal}$ (no $2 \cdot G \cdot S B_{Ext}$) y su comparación con $G \cdot S B_{Cal|0}$, en ese caso, el resultado de la comparación puede utilizarse para variar un parámetro del elemento de polarización 93, por ejemplo

la amplitud de la tendencia de corriente de polarización. Por ejemplo, si el elemento de procesamiento o calculadora 96 calcula la relación $\alpha = G^*S B_{Cal0} / G^*S B_{Cal}$, la corriente de polarización con polarización de amplitud se modifica de acuerdo a la relación α : $I_{Bias} = I_{Bias0} / \alpha$ (donde I_{Bias0} es la amplitud de la corriente de polarización en las condiciones de referencia, donde se determinó $G^*S B_{Cal0}$). Cuando el elemento de polarización 93 es una fuente de corriente DAC, la modificación de la corriente de polarización sólo requiere que el elemento de procesamiento o calculadora 96 emita un código digital actualizado de acuerdo a $I_{Bias} = I_{Bias0} / \alpha$, y programar el DAC en consecuencia.

Como se dijo anteriormente, hay un caso notable en el que la temperatura puede variar en el intervalo de tiempo necesario para tomar las mediciones V_{H1} , V_{H2} , V_{H3} (y, opcionalmente, V_{H4}). El generador de campo magnético, por ejemplo la bobina 98, utilizado para generar el campo magnético de referencia B_{Cal} y el sensor Hall 91 pueden ser integrados juntos en el mismo sustrato semiconductor. El generador de campo magnético, p. ej. bobina 98, puede realizarse utilizando una o varias capas metálicas disponibles para conectar los distintos dispositivos integrados en el sustrato de semiconductor. Esas capas metálicas tienen una resistividad distinta de cero, la bobina 98 presenta una resistencia parasitaria R_{coil} y de ahí que disipe el calor (calentamiento Joule) cuando la corriente de referencia I_{Cal} circula a través de ella. Cuanto mayor sea la resistencia parasitaria y/o cuanto mayor sea la amplitud de corriente de referencia I_{Cal} (y por tanto la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal}), mayor será el calentamiento Joule. En la escala del sensor Hall integrado 91 y la bobina integrada 98, las constantes de tiempo pueden ser tan bajas como una fracción de ms, que es del mismo orden de magnitud que la frecuencia típica de la señal CLK que determina en qué fase (0 grados o 90 grados) está el sensor Hall 91.

La reducción de la resistencia de la bobina 98 no siempre es posible y por lo tanto, hay casos en los que se necesita reducir la amplitud de la corriente de referencia I_{Cal} y por lo tanto la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} . En esos casos, el efecto del ruido (ruido 1/f, transitorios introducidos por los interruptores,...) pueden hacer difícil la evaluación de $S B_{Cal}$, incluso después de la amplificación. Para paliar ese inconveniente, la invención propuesta se puede adaptar/mejorar con pequeñas modificaciones como se describe a continuación.

En lugar de generar el campo magnético de calibración que varía de una forma gradual, como por ejemplo en la Fig. 13, el campo magnético de referencia B_{Cal} puede variar como se ve en la Fig. 14: la frecuencia fundamental del campo magnético de referencia B_{Cal} es la misma que la de la señal CLK, la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} es cero durante la sub-fase (1) de la primera fase, por ejemplo, fase de 0 grados, y durante toda la segunda fase, por ejemplo, fase de 90 grados, mientras varía linealmente desde 0 a un valor predeterminado $B_{Cal0} \neq 0$ durante la sub-fase (2) de la primera fase, por ejemplo, fase de 0 grados. Tal variación de la amplitud del campo magnético de referencia B_{Cal} antes de la medición en el momento t_2 es menos abrupta que la variación gradual considerada antes e introducirá menos ruido (por ejemplo, el acoplamiento capacitivo entre el generador de campo magnético, por ejemplo la bobina 98 y el sensor Hall 91).

Una mejora adicional, de aplicación con una variación escalonada o pendiente para el campo magnético de referencia B_{Cal} , se logra mediante la adición de una etapa de muestreo doble correlacionado (CDS) 900 entre el amplificador 94 y el ADC 95. La Fig. 15A y la Fig. 15B dan un ejemplo de una etapa de CDS, e ilustran el funcionamiento del mismo. La etapa de CDS 900 comprende un primer elemento de memoria, por ejemplo el condensador 903, acoplado entre la salida de la etapa de amplificación 94 y un almacenamiento intermedio 906. El condensador 903 está provisto de un primer y un segundo elemento de restablecimiento, por ejemplo, un primer interruptor 901 y un interruptor de pinza 902. La salida del almacenamiento intermedio 906 se acopla a un circuito de muestreo y retención que comprende un elemento de muestreo, por ejemplo el interruptor de muestreo 904, y un elemento de memoria, p. ej el condensador 905.

Como se ilustra en la Fig. 15A, para un breve instante después del instante de tiempo t_0 de referencia y antes de un primer instante de tiempo t_1 de medición, el interruptor de pinza 902 se cierra brevemente de modo que el condensador 903 se acopla a tierra y el voltaje de Hall V_H amplificado G^*V_H se almacena en el condensador 903:

$$G^*V_H(t_1) = G^*(S B_{Ext} + V_{op}).$$

A partir de entonces, el interruptor de pinza 902 se abre de nuevo, el voltaje de Hall amplificado G^*V_H permanece almacenado en el condensador 903.

Después de la primera medición del instante de tiempo t_1 y antes de un segundo instante de tiempo t_2 (o en la segunda medición del instante de tiempo t_2 cuando el campo magnético de referencia B_{Cal} aumenta de forma lineal entre los instantes de tiempo t_1 y t_2 , como se ilustra en la Fig. 14) que señala el final de la fase de 0 grados (es decir, justo antes del comienzo de la segunda fase, por ejemplo la fase de 90 grados), mientras el voltaje de Hall amplificado es igual a $G^*V_{H2} = G^*(S + S B_{Ext} + B_{Cal} + V_{op})$, el interruptor de muestreo 904 se cierra, lo que tiene como resultado un voltaje de salida VCDs proporcional a la diferencia entre G^*V_{H2} y G^*V_{H1} almacenada en el elemento de memoria, tal como p. ej. el condensador 905, como se ilustra en la Fig. 15B.

Se ha asumido que todas las constantes de tiempo asociadas con los interruptores son insignificantes en comparación con el intervalo de muestreo y el intervalo de sujeción. Los condensadores de pinza y de muestreo se someten a ruido de restablecimiento (también conocido como ruido "KTC"), se ha supuesto que tienen capacidades lo suficientemente grandes para evitar la introducción de importantes contribuciones de ruido adicional. Después de

la conversión por parte del ADC 95, la cantidad de $V_{CDS} = G \cdot S \cdot B_{Cal}$ está a disposición de la calculadora 96 para evaluar la relación $\alpha = G \cdot S \cdot B_{Cal|0} / G \cdot S \cdot B_{Cal}$. La relación α se puede utilizar como se mencionó anteriormente para compensar las variaciones de la sensibilidad S. Con el fin de no perder un ciclo de reloj para la medición del campo magnético externo, el voltaje Hall (amplificado) se puede medir en el momento t_1 y t_3 :

$$\begin{aligned} 5 \quad G \cdot V_H(t_1) &= G \cdot (S \cdot B_{Ext} + V_{op}) \\ G \cdot V_H(t_3) &= G \cdot (S \cdot B_{Ext} - V_{op}) \end{aligned}$$

Basándose en esas dos medidas, la calculadora 96 puede calcular $G \cdot S \cdot B_{Ext}$:

$$G \cdot S \cdot B_{Ext} = \frac{1}{2} (G \cdot V_H(t_1) + G \cdot V_H(t_3))$$

10 Cuando la etapa de CDS no es necesaria, el interruptor 901 se cierra junto con el interruptor de muestreo 904 para garantizar por ejemplo, la disponibilidad de las señales $G \cdot V_H(t_1)$ y $G \cdot V_H(t_3)$, que permite la compensación dinámica de desviación. El CDS se configura como se ve en la Fig. 16.

15 Se ha de entender que a pesar de las realizaciones preferidas, las construcciones y configuraciones específicas, así como los materiales, que se han explicado en esta memoria para los dispositivos acordes con la presente invención, se pueden hacer diversos cambios o modificaciones en forma y detalle sin apartarse del alcance de esta invención según se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, todas las fórmulas anteriores son meramente representativas de los procedimientos que se pueden utilizar. Se puede añadir o eliminar funcionalidad de los diagramas de bloques y las operaciones pueden ser intercambiadas entre los bloques funcionales. Se pueden añadir o eliminar etapas a los métodos descritos dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para compensar la deriva de la sensibilidad de un sensor de campo magnético para la detección de un campo magnético B_{Ext} , el sensor comprende por lo menos cuatro electrodos, el método comprende:
 - 5 una primera etapa en la que se utiliza un primer conjunto de dos electrodos para polarizar el sensor y se utiliza un segundo conjunto de dos electrodos para detectar una señal de salida del sensor de campo magnético; y
 - una segunda etapa en la que se utiliza el segundo conjunto de dos electrodos para polarizar el sensor y se utiliza el primer conjunto de dos electrodos para detectar una señal de salida del sensor de campo magnético;
 - sólo la segunda etapa se divide en por lo menos una primera sub-etapa y una segunda sub-etapa, un campo magnético de referencia (B_{Cal}) tiene unos primeros parámetros de campo magnético en la primera sub-etapa y unos segundos parámetros de campo magnético en la segunda sub-etapa, en el que tanto durante la primera etapa y una de entre la primera y la segunda sub-etapas de la segunda etapa el campo magnético de referencia (B_{Cal}) tiene una primera amplitud y una primera fase, que son sustancialmente iguales
 - 10 el método se caracteriza porque:
 - durante otra de entre la primera o la segunda sub-etapas el campo magnético de referencia (B_{Cal}) tiene uno de entre a) una amplitud diferente a la primera amplitud y tiene la primera fase, b) una amplitud cero, o c) la primera amplitud y una fase opuesta a la primera fase;
 - 15 una señal de salida es detectada en la primera y la segunda sub-etapas; y
 - una señal de salida es detectada dentro de la primera y la segunda sub-etapas.
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque la otra de entre la primera y la segunda sub-etapas es la segunda sub-etapa.
3. Un método según la reivindicación 1, en el que la otra de entre la primera y la segunda sub-etapas es la primera sub-etapa.
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el campo magnético de referencia (B_{Cal}) tiene una amplitud linealmente creciente durante la primera o la segunda sub-etapa.
5. Un método acorde con cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende además la realización de un doble muestreo correlacionado en la señal de salida detectada del sensor de campo magnético.
6. Un producto de programa informático para la ejecución de todas las etapas del método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cuando se ejecuta en un dispositivo de procesamiento asociado con un sensor de campo magnético.
7. Un dispositivo de almacenamiento de datos legibles por ordenador que almacena el producto de programa informático de la reivindicación 6.
8. La transmisión del producto de programa informático de la reivindicación 7 por una red de área local de telecomunicaciones o ancha.
9. Una unidad de control que comprende medios para la ejecución del método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
10. Un dispositivo de medición de campo magnético, que comprende:
 - un sensor (91) de campo magnético para la detección de un campo magnético (B_{Ext}), el sensor de campo magnético comprende por lo menos cuatro electrodos (a, b, c, d);
 - un elemento de polarización (93) para la polarización del sensor de campo magnético;
 - 40 un circuito de medición para la medición de una señal de salida del sensor de campo magnético (91);
 - una caja de distribución (92) para la conexión de un primer conjunto de electrodos (a, b) con el elemento de polarización y un segundo conjunto de electrodos (c, d) con los circuitos de lectura durante el primer periodo de tiempo, y para la conexión del segundo conjunto de electrodos (c, d) con el elemento de polarización (93) y el primer conjunto de electrodos (a, b) con los circuitos de lectura durante un segundo periodo de tiempo;
 - 45 un generador (98) de campo magnético de referencia para generar un campo magnético de referencia; y
 - un elemento (99) de polarización de campo magnético de referencia para cambiar los parámetros de campo magnético del campo magnético de referencia.

en el que el dispositivo de medición de campo magnético se configura para cambiar los parámetros de campo magnético de referencia dentro de sólo uno de entre el primer o el segundo período de tiempo de modo que para el primer período y una primera parte del segundo período de tiempo el campo magnético de referencia tiene una primera amplitud y una primera fase

5 caracterizado porque

para una segunda parte del segundo periodo de tiempo el campo magnético de referencia tiene una de entre a) una segunda amplitud que es diferente de la primera amplitud y la misma fase, b) una amplitud cero o c) la primera amplitud y una fase opuesta a la primera fase.

10 11. Un dispositivo de medición de campo magnético de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el circuito de medición se adapta para detectar una señal de salida del sensor de campo magnético por lo menos una vez durante cada uno de los periodos de tiempo primero y segundo, y durante por lo menos uno de los periodos de tiempo primero y segundo antes y después de cambiar los parámetros de campo magnético de referencia.

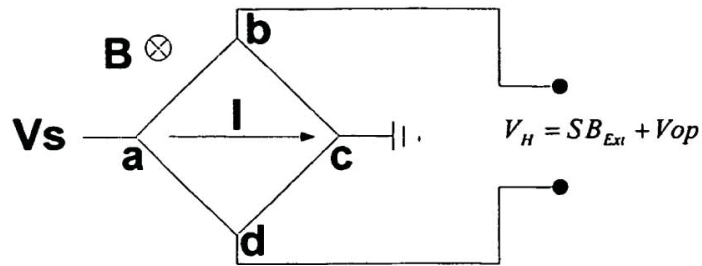


Fig. 1

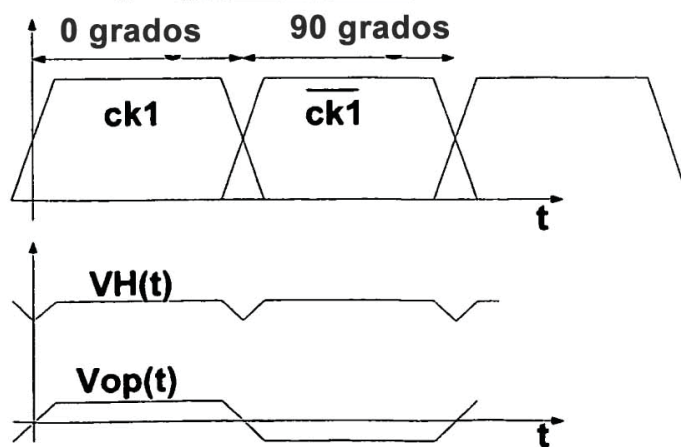
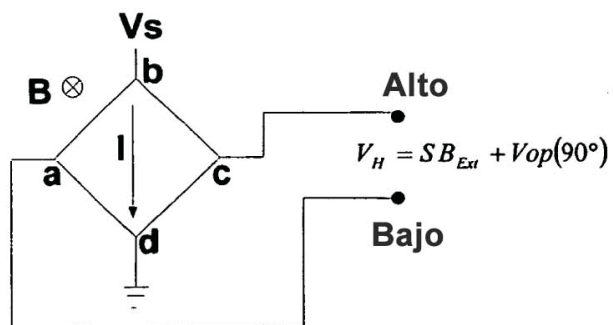
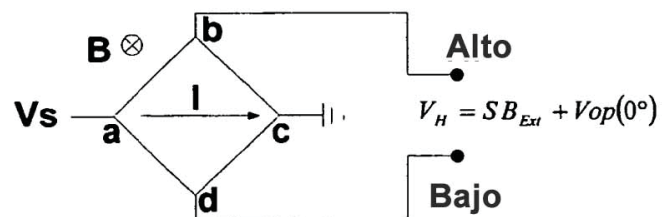


Fig. 2 - técnica anterior

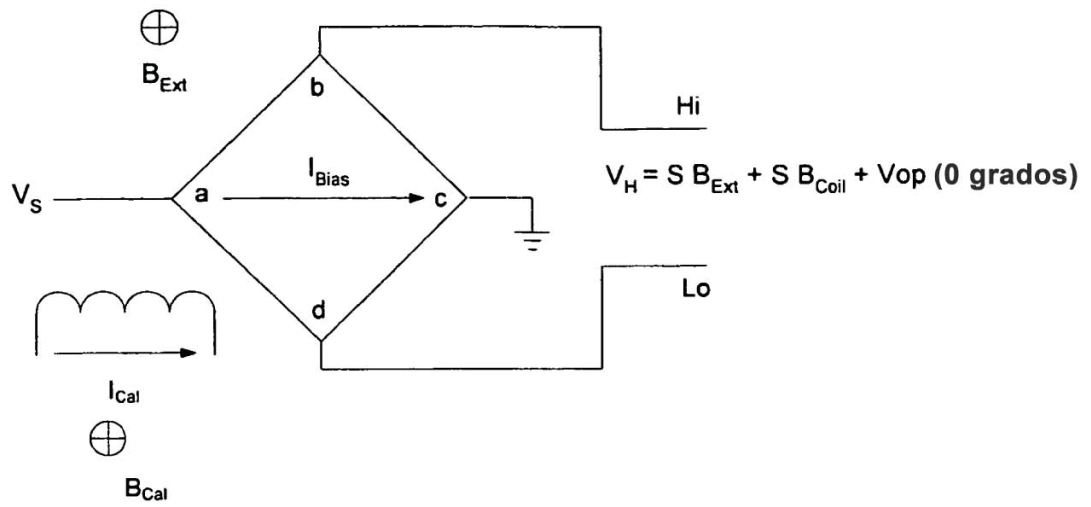


Fig. 3

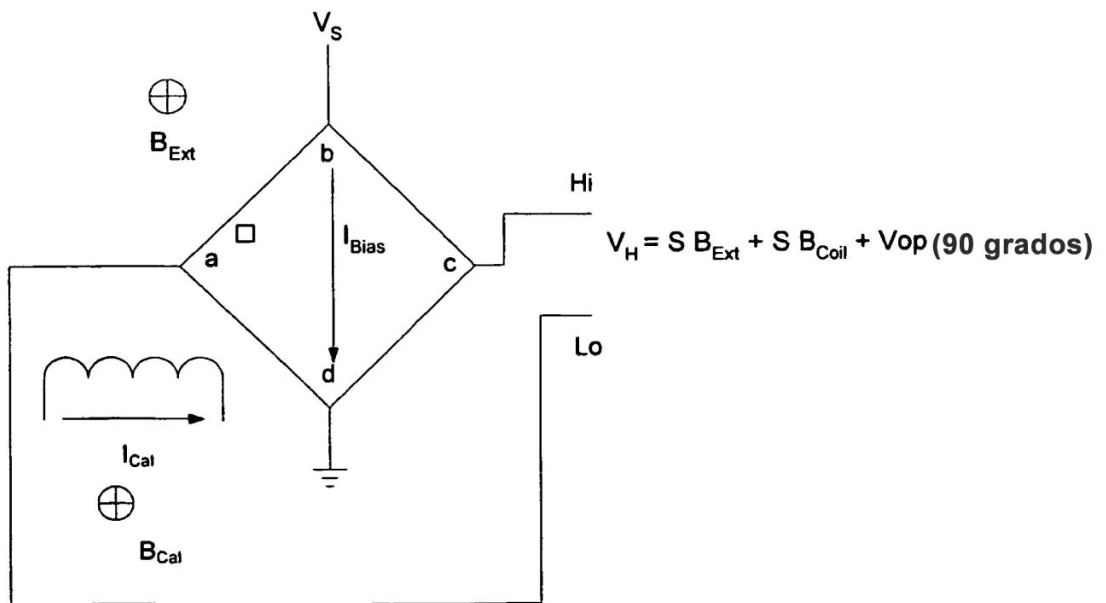


Fig. 4

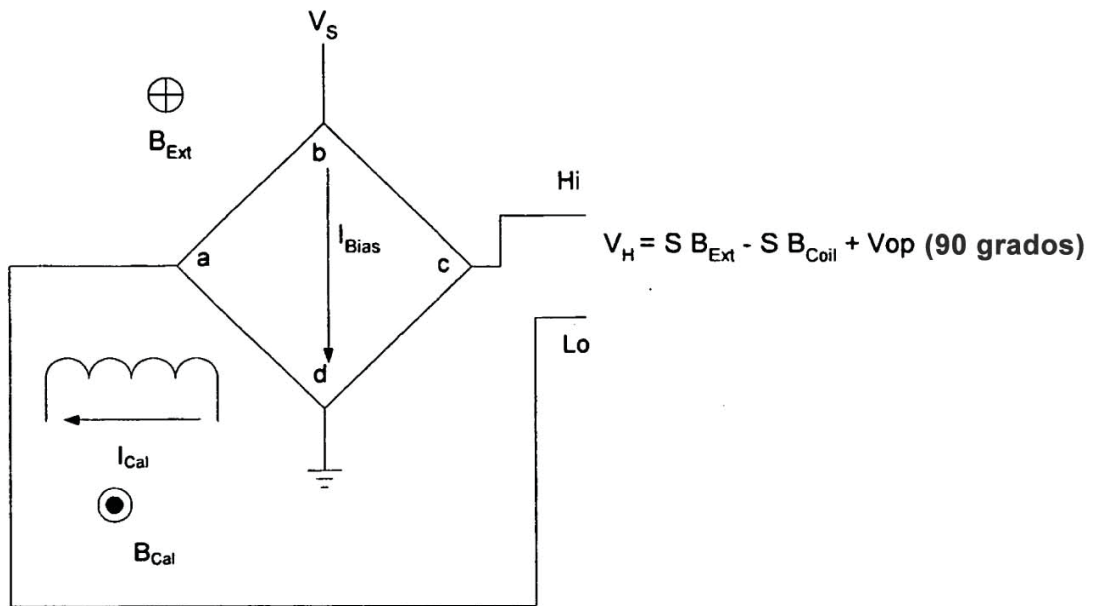


Fig. 5

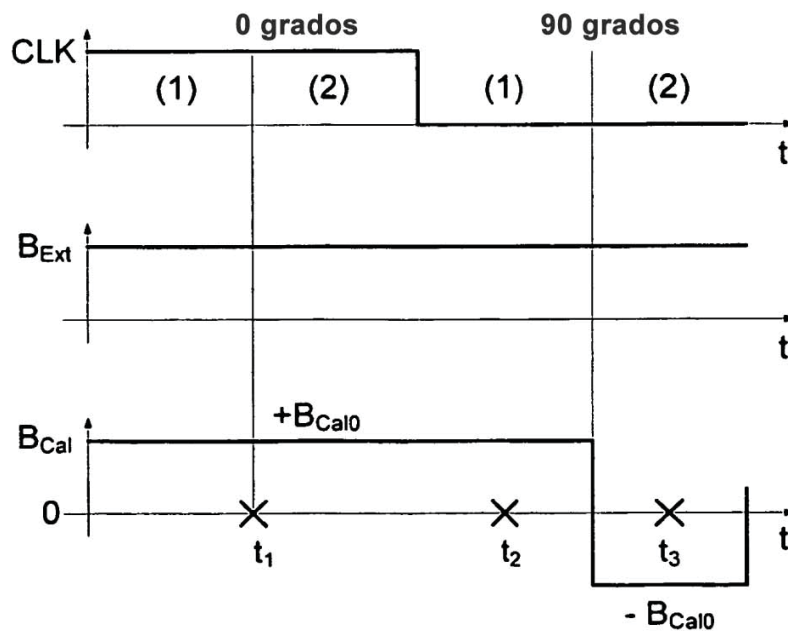


Fig. 6

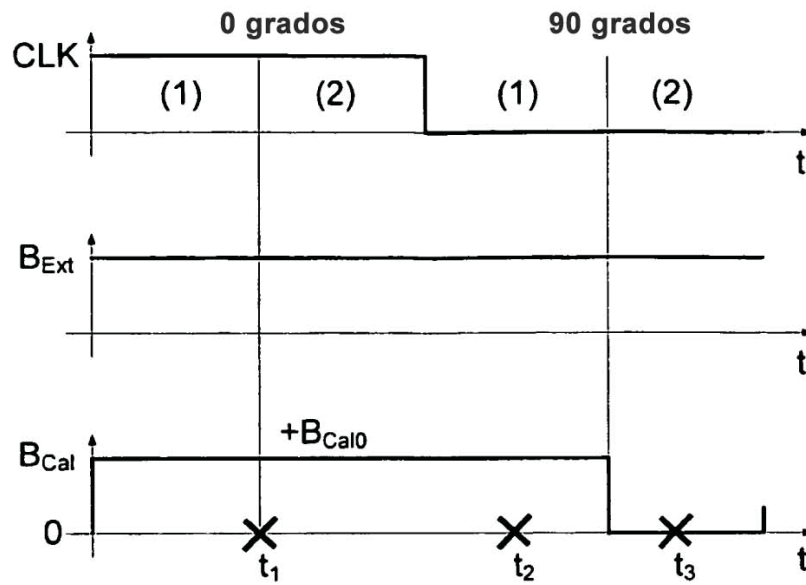


Fig. 7

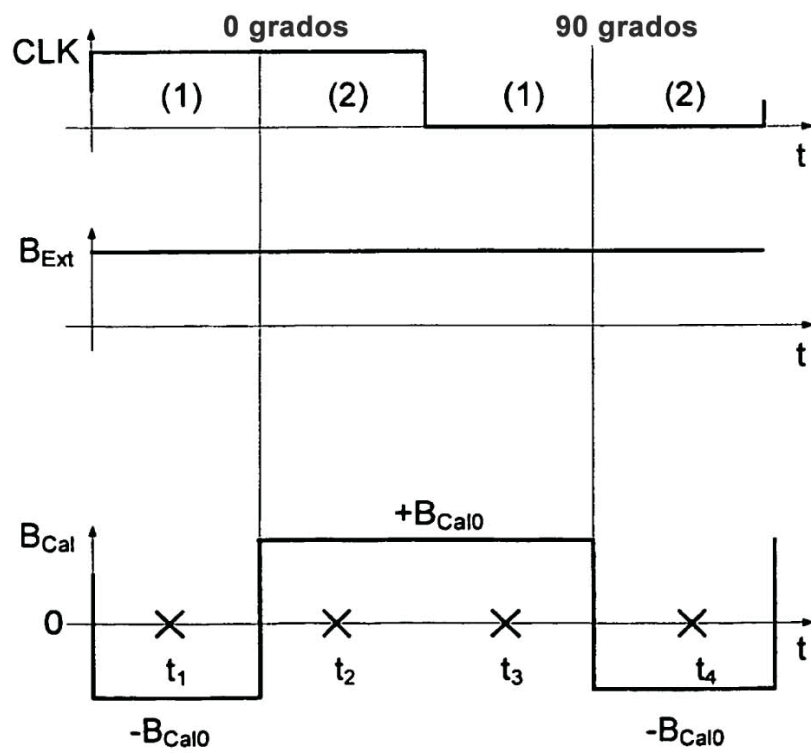


Fig. 8

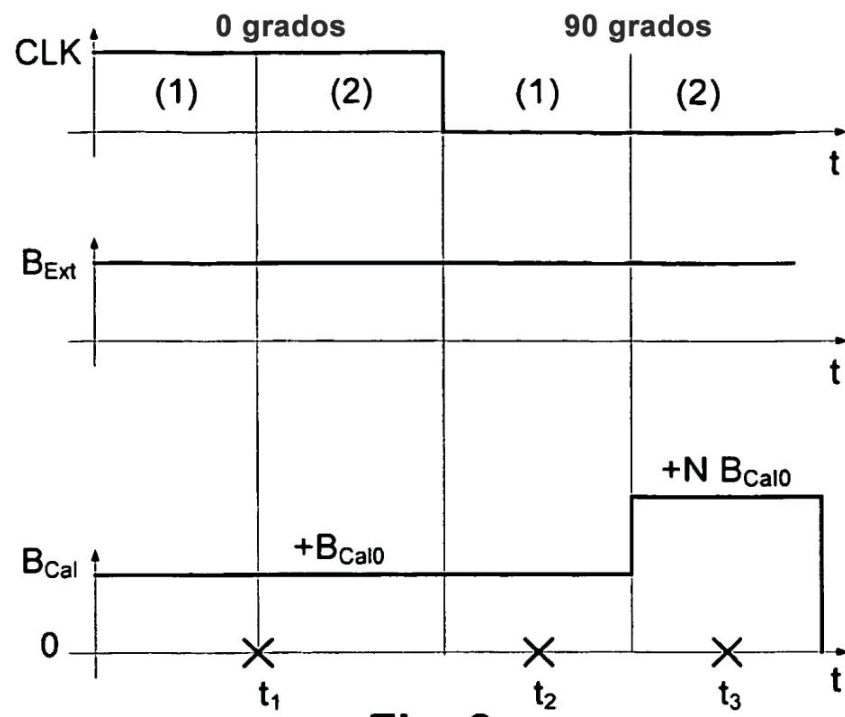


Fig. 9

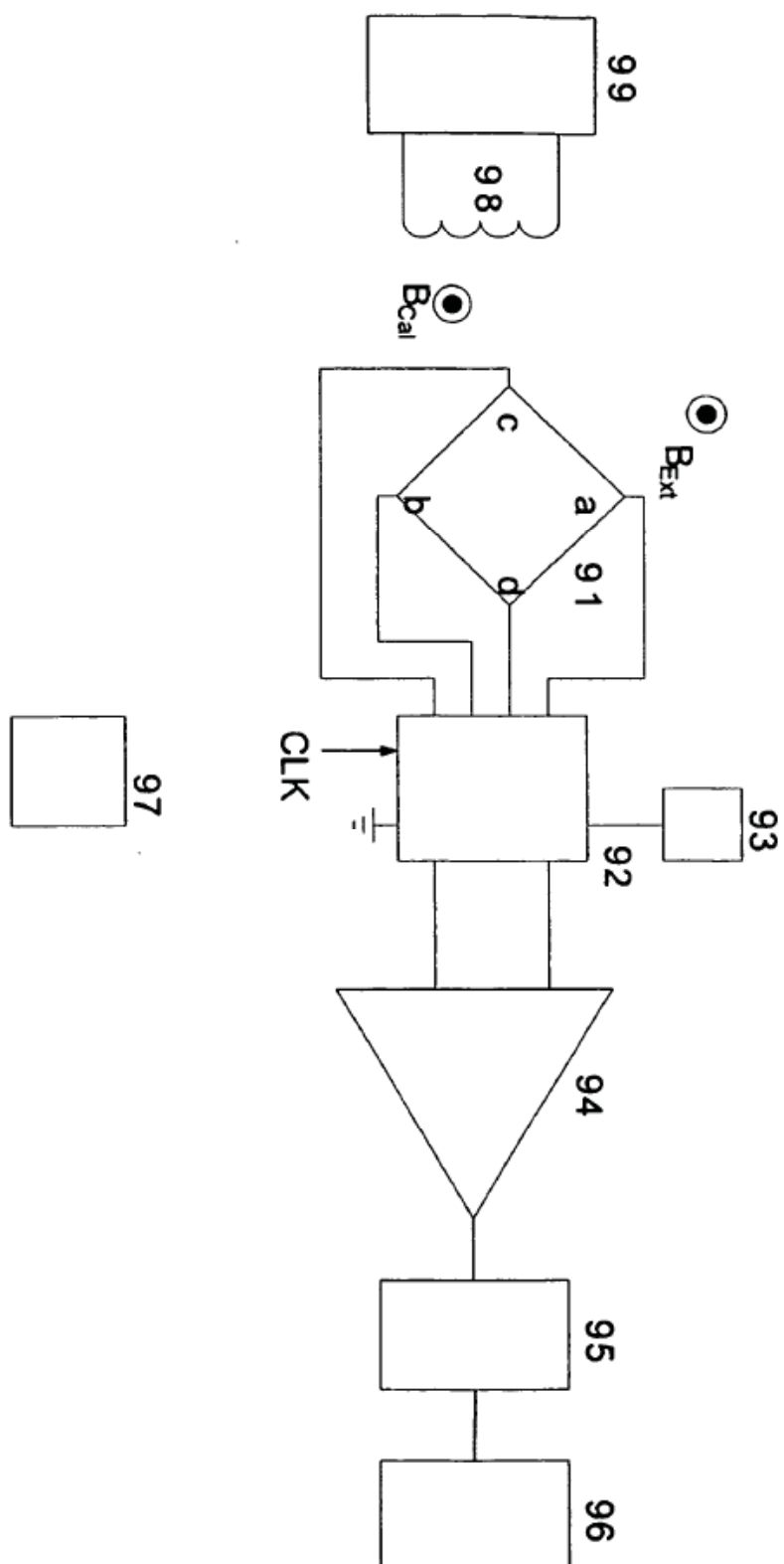


Fig. 10

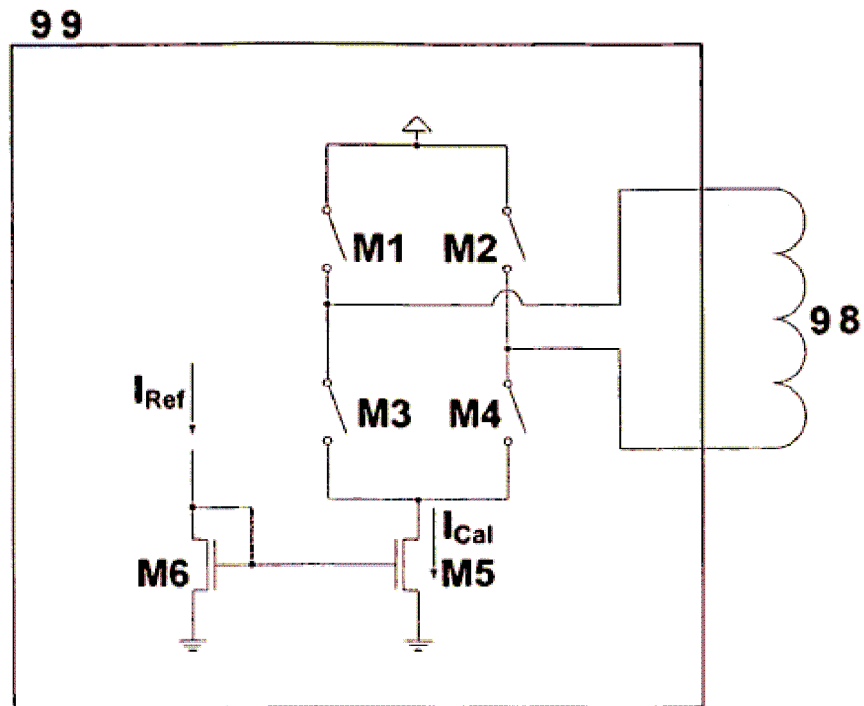


Fig. 11

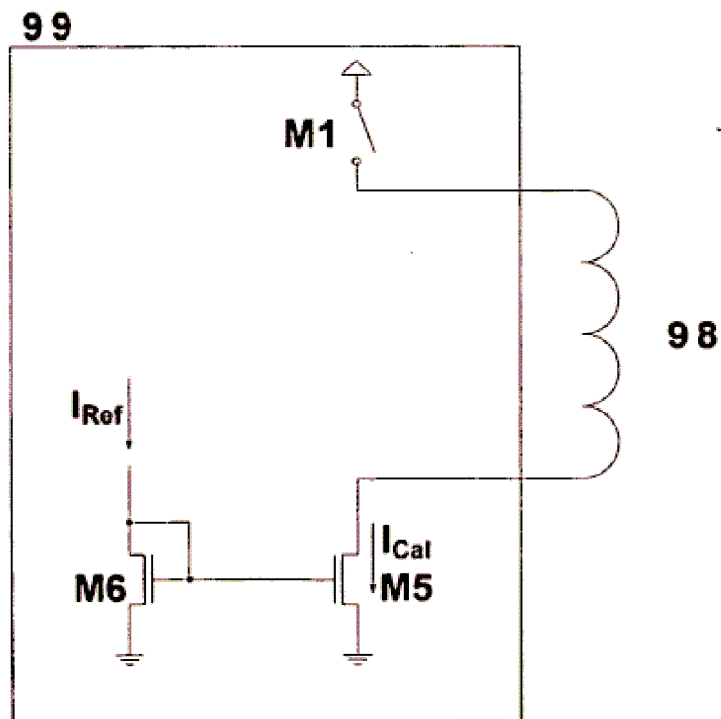


Fig. 12

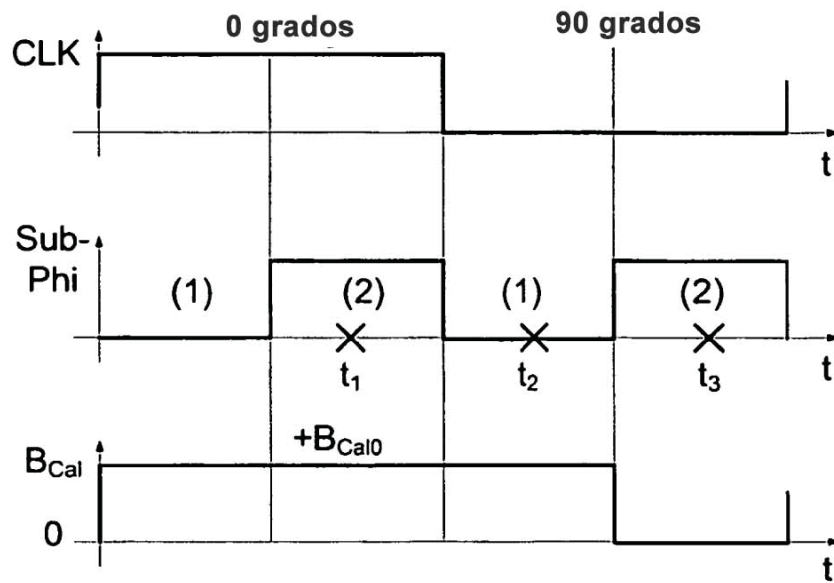


Fig. 13A

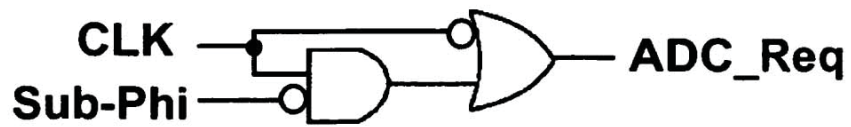
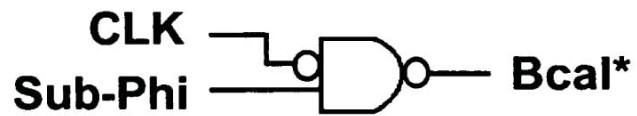


Fig. 13B

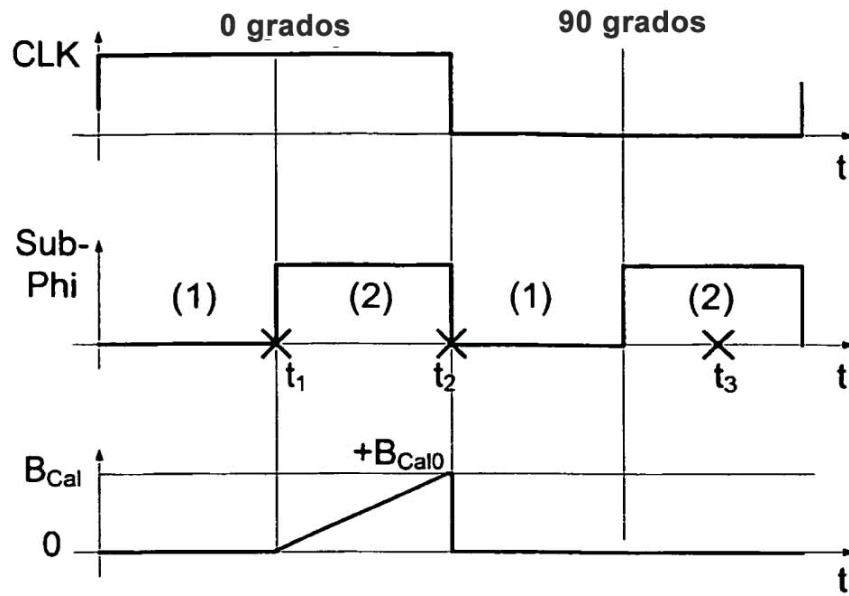


Fig. 14

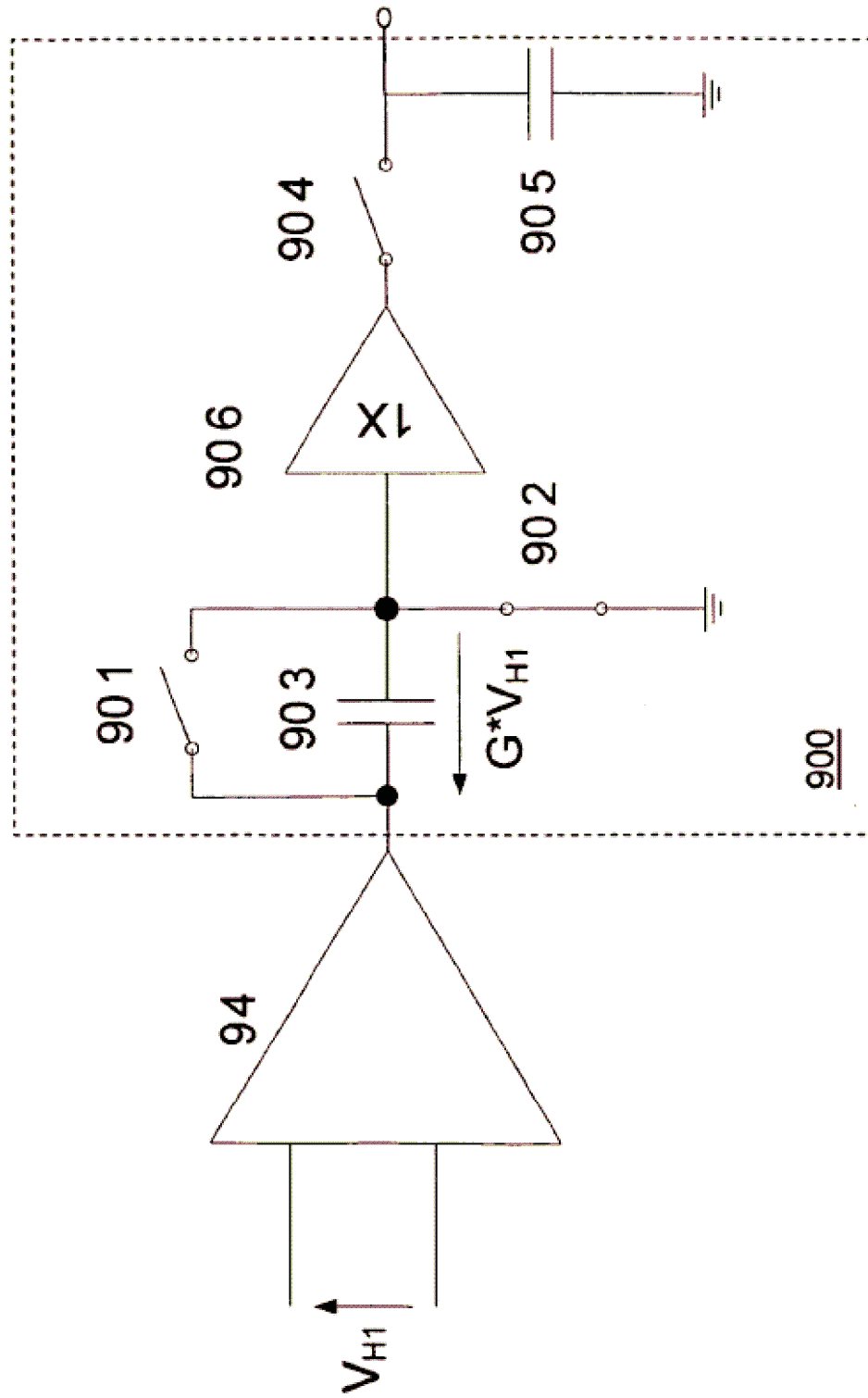


Fig. 15A

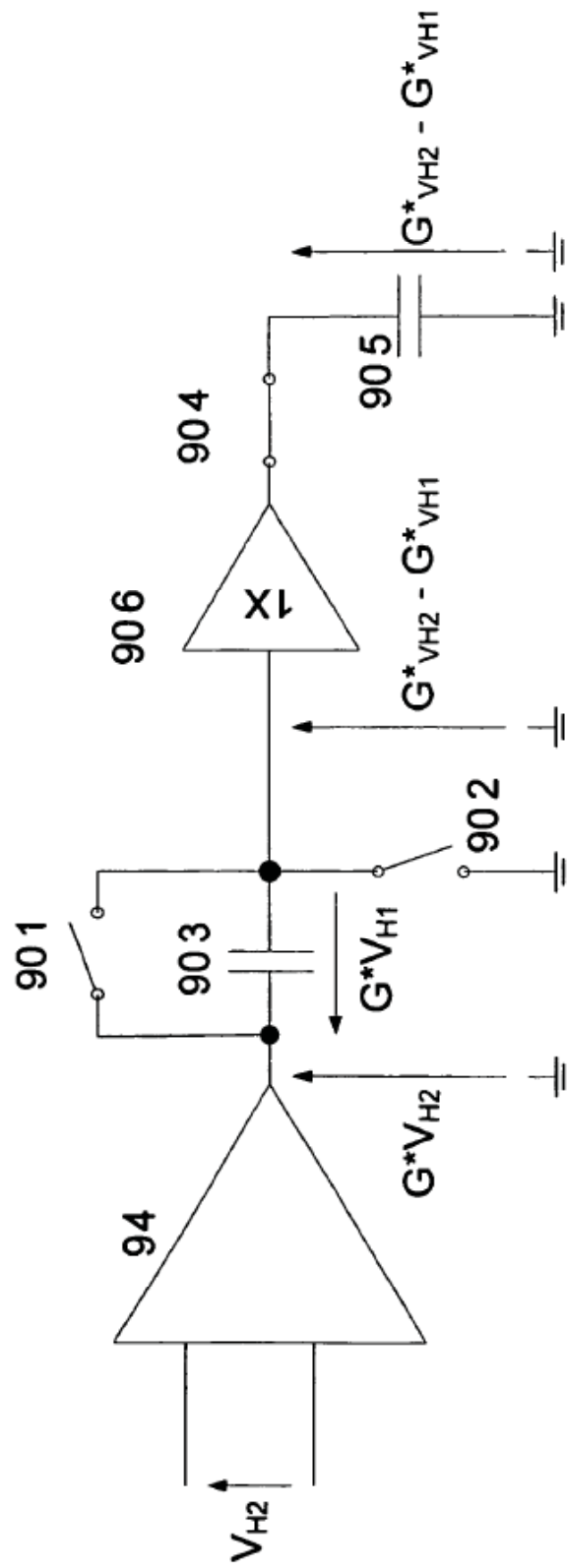


Fig. 15B

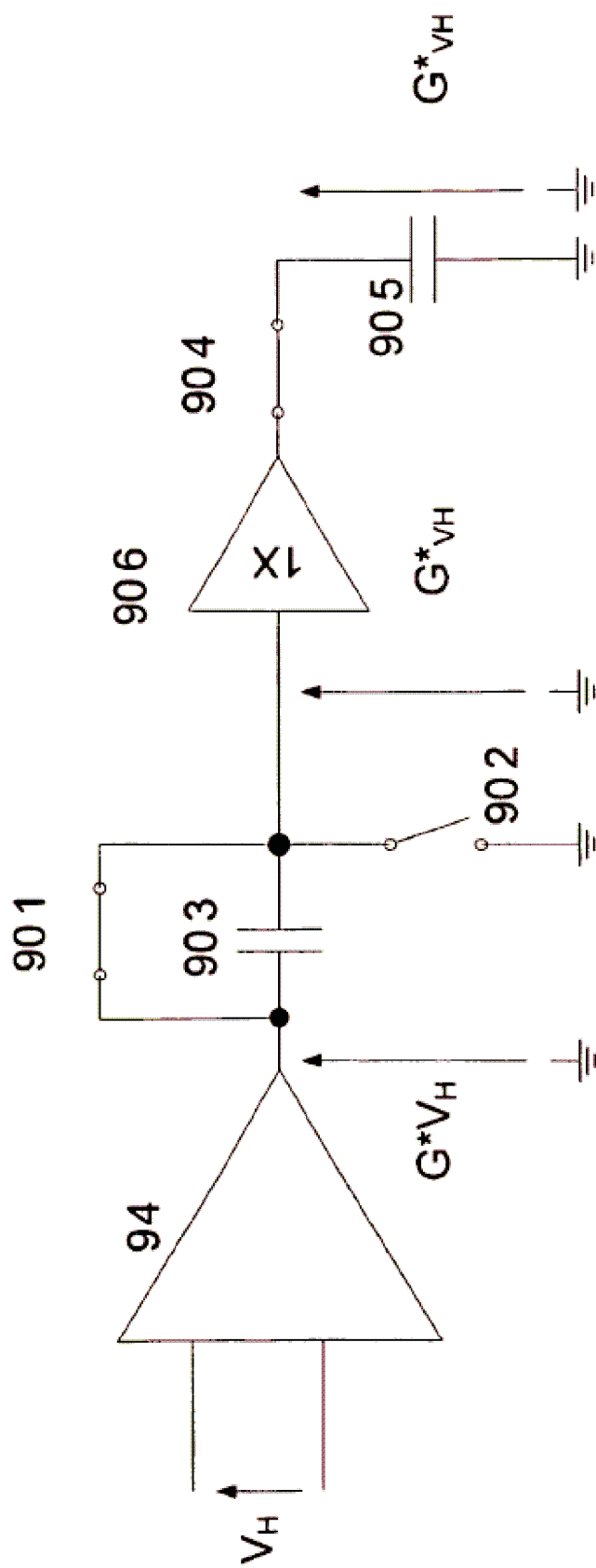


Fig. 16