(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 958 811**

(51) Int. Cl.:

G01N 33/24 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2018 PCT/US2018/057876**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2019 WO19084516**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2018 E 18871317 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023 EP 3701253**

(54) Título: **Sistema de medición de la conductividad eléctrica del suelo**

(30) Prioridad:

26.10.2017 US 201762577637 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2024

(73) Titular/es:

TRIBUS, LLC (100.0%)
1816 E. Wyatt Earp, P.O. Box 1397
Dodge City, KS 67801, US

(72) Inventor/es:

KISS, MICHAEL, Z.

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de medición de la conductividad eléctrica del suelo

CAMPO TÉCNICO

La invención hace referencia en general a la medición directa de la conductividad eléctrica del suelo.

ANTECEDENTES

La conductividad eléctrica del suelo ("EC") es una medida de la cantidad de sales en el suelo (salinidad del suelo). Es un indicador importante de la salud del suelo. Afecta al rendimiento de los cultivos, a la idoneidad de los cultivos, a la disponibilidad de nutrientes para las plantas y a la actividad de los microorganismos del suelo, que influyen en los procesos clave del suelo, incluida la emisión de gases de efecto invernadero como por ejemplo los óxidos de nitrógeno, el metano y el dióxido de carbono. El exceso de sales dificulta el crecimiento de las plantas al afectar al equilibrio suelo-agua. Los suelos con exceso de sales se dan de forma natural en climas áridos y semiáridos. Los niveles de sal pueden aumentar como consecuencia de los cultivos, el riego y la gestión del suelo. La EC se ha correlacionado con las concentraciones de nitratos, potasio, sodio, cloruro, sulfato y amoniaco. Para determinados suelos no salinos, la determinación de la EC puede ser una forma conveniente y económica de estimar la cantidad de nitrógeno (N) disponible para el crecimiento de las plantas. Cuando se riega, se puede utilizar agua adicional más allá de las necesidades del cultivo para eliminar el exceso de sales por debajo de la zona radicular y mantener un nivel de EC, que se basa en la tolerancia del cultivo.

En vista de lo anterior, los datos de EC permitirán realizar un seguimiento de los nitratos en la zona de enraizamiento de los cultivos, lo que permitirá una mejor gestión del nitrógeno, reduciendo la lixiviación de nitrógeno más allá de la zona de enraizamiento de los cultivos y reduciendo la contaminación de las aguas subterráneas. La monitorización de la humedad del suelo y de la EC también ayudará a determinar las dosis de aplicación del riego durante todo el periodo vegetativo.

Desafortunadamente, las sondas disponibles en el mercado actual utilizan detectores capacitivos, que no entran en contacto directo con el suelo. Véase, por ejemplo, el Apéndice, que incluye un manual de Triscan que muestra mediciones de EC utilizando sondas capacitivas. En este caso, las sondas de perfil de suelo capacitivas se instalan verticalmente en el suelo y no entran en contacto directo con él. Los detectores capacitivos se aíslan del suelo y se instalan en el interior de "tubos de acceso" de plástico, a cada profundidad de interés. Los valores de EC se derivan de las mediciones del "contenido volumétrico de iones" que se utilizan para calcular el valor de EC para cada tipo específico de suelo.

Este método de medición de la EC es imperfecto, ya que los tipos de suelo no son homogéneos. El modelo de datos utiliza un contenido volumétrico de iones (VIC) nominal, y las unidades del VIC sólo se pueden relacionar con la EC del suelo, a través de muestreos y análisis del suelo cuantitativamente específicos del lugar.

En vista de lo anterior, existe la necesidad de un sistema para medir la conductividad eléctrica del suelo de forma más eficaz.

El documento WO 2017/021950 describe un sistema y métodos para medir las características de las propiedades del suelo. El sistema comprende al menos una sonda configurada para ser insertada en el suelo, comprendiendo la sonda varias antenas. El sistema comprende además una unidad de caracterización de radioenlace para transmitir una señal de radio desde al menos una de las antenas y recibir una señal de radio propagada desde al menos una de las antenas para obtener al menos un radioenlace, y un procesador para convertir las características del radioenlace en las características de las propiedades del suelo.

El documento US 2011/273196 describe dispositivos de interfaz de detectores medioambientales inalámbricos, de largo alcance y alimentados por batería, que se pueden conectar a varios detectores y comunicar de forma inalámbrica las lecturas de los detectores a un dispositivo central de recogida o a un terminal de Internet. En lugar de ello o adicionalmente, los detectores se pueden integrar con el dispositivo para una mayor eficiencia. Los dispositivos incorporan una carcasa resistente y una fuente de alimentación interna que permite colocarlos en condiciones ambientales adversas y que funcionen durante varios años sin mantenimiento gracias a sus exclusivas características de diseño que ahorran energía. Los circuitos de RF están especialmente optimizados para comunicaciones de largo alcance en exteriores de pequeñas cantidades de datos. Con este dispositivo es posible un alcance de comunicación en línea de visión de varias millas.

El documento US 6014029 describe un dispositivo para detectar cambios en la permitividad de una muestra de un medio monitorizado. El medio supervisado se expone a un ambiente que tiene uno o más elementos. El dispositivo incluye un circuito oscilador LC y un circuito de salida acoplado al mismo. El circuito LC contiene un elemento de inductancia y otro de capacitancia y tiene una frecuencia de resonancia que depende de la permitividad de la muestra. El elemento de capacitancia incluye elementos conductores primero y segundo rodeados por un material dieléctrico

aislante, de modo que se impide que los elementos conductores primero y segundo queden expuestos a uno o más elementos del entorno de la muestra. El circuito de salida está adaptado para emitir una señal representativa de la permitividad de la muestra. También se describe un método para determinar cambios en la permitividad de una muestra de un medio. El método incluye las etapas de: (1) disponer un detector de permitividad que tiene un circuito oscilador LC en el medio, teniendo el circuito oscilador LC una frecuencia de resonancia dependiente de la permitividad de la muestra, en donde el elemento de capacitancia incluye elementos conductores primero y segundo rodeados por un material dieléctrico aislante, estando el material dieléctrico aislante rodeado por la muestra; y, (2) emitir una señal representativa de la permitividad de la muestra.

El documento WO 2005/060653 describe un aparato para detectar la presencia de un material que provoca un cambio en la característica dieléctrica de un medio que incluye una sonda inductiva que se puede colocar en contacto con el medio. El elemento detector de la sonda puede ser un elemento detector en bucle o monopolar. Con la sonda en contacto con el medio, una propiedad de una señal transmitida a través de la sonda se modifica de acuerdo con un cambio en la característica dieléctrica del medio debido a la cantidad de material presente en las proximidades de la sonda. La propiedad cambiada de la señal puede ser: la atenuación de la señal en una frecuencia predeterminada; la atenuación de la amplitud de la señal en cada una de varias frecuencias predeterminadas; o el cambio en la velocidad de propagación de la señal a través de la sonda. La sonda se puede utilizar para determinar la humedad en el suelo, por ejemplo, como parte de un sistema de riego automatizado y un método para controlar el contenido de humedad en un medio dentro de un contenedor. La sonda también se puede utilizar para detectar una interfaz entre materiales.

RESUMEN

La presente invención, en consecuencia, proporciona una sonda según se define en la reivindicación 1, que se basa en múltiples detectores, que son capaces de medir la humedad del suelo, la temperatura y la conductividad eléctrica (EC). La sonda de la invención utilizará transformadores de radiofrecuencia ("RF") para detectar los cambios de carga mediante el primario del transformador, que entrará en contacto directo con el suelo.

La sonda contemplada en este caso mide con precisión los valores de EC en líquidos y suelos saturados de agua al tener contacto directo con el medio en el que se realizan las mediciones. Las mediciones proporcionan la EC absoluta en cualquier tipo de suelo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de la presente invención, y las ventajas de la misma, se hace referencia ahora a las siguientes descripciones tomadas en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIGURA 1 ejemplifica una sonda configurada para medir la humedad, la temperatura y la conductividad eléctrica del suelo de acuerdo con una forma de realización de la invención;

La FIGURA 2 es una sección transversal de la sonda de la FIGURA 1 tomada a lo largo de la línea 2-2 de la FIGURA 1;

La FIGURA 3 ejemplifica una bobina detectora de la conductividad eléctrica para su utilización con la sonda de la FIGURA 1;

La FIGURA 4 es un diagrama de bloques que ejemplifica un sistema que incorpora características de la presente invención; y

Las FIGURAS 5A-5C son un dibujo esquemático de un circuito que incorpora características de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia ahora los dibujos, en donde, en aras de la claridad, los elementos representados no se muestran necesariamente a escala y en los que elementos similares o parecidos se designan con el mismo número de referencia en las distintas vistas. En aras de la concisión, elementos bien conocidos se pueden ilustrar en forma esquemática o de diagrama de bloques con el fin de no oscurecer la presente invención en detalles innecesarios, y los detalles relativos a otros diversos componentes conocidos en la técnica, como por ejemplo microprocesadores, detectores de temperatura, detectores de humedad y similares necesarios para el funcionamiento de muchos dispositivos eléctricos, no se han mostrado o descrito en detalle en la medida en que dichos detalles no se consideran necesarios para obtener una comprensión completa de la presente invención, y se considera que están dentro de las habilidades de los expertos en la técnica correspondiente. Además, según se utiliza en la presente memoria, el término "en esencia" se debe interpretar como un término de aproximación.

Cabe señalar que, a menos que se indique lo contrario, muchas de las funciones descritas en la presente memoria se pueden ser llevar a cabo mediante un procesador, como por ejemplo un microprocesador, un controlador, un

microcontrolador, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un procesador electrónico de datos, un ordenador o similares, de acuerdo con un código, como por ejemplo un código de programa, software, circuitos integrados y/o similares que se codifican para llevar a cabo dichas funciones. Además, se considera que los detalles de diseño, desarrollo e implementación de todo dicho código serían evidentes para un experto en la técnica basándose en una revisión de la presente descripción de la invención.

Con referencia ahora a la FIGURA 1 de los dibujos, el número de referencia 100 designa generalmente una sonda que incorpora características de la presente invención para medir la humedad, temperatura y conductividad eléctrica ("EC") del suelo. El sistema 100 incluye un tubo 102, preferiblemente de aproximadamente una pulgada de diámetro exterior y fabricado a partir de un material no metálico o plástico, como por ejemplo PVC (cloruro de polivinilo), de una manera bien conocida en la técnica.

En una forma de realización preferida, el tubo 102 incluye cuatro manguitos 104 de acero inoxidable de aproximadamente una a dos pulgadas de largo con una ranura 104a definida en cada uno de los dos lados opuestos del manguito. La ranura 104a se extiende longitudinalmente, en esencia, a lo largo de la longitud del manguito, pero no en toda su longitud. Aunque en la FIGURA 1 se ejemplifican cuatro manguitos 104, se pueden utilizar más o menos manguitos según convenga. Los manguitos 104 se acoplan eléctricamente preferiblemente por medio de un cable 110 para efectuar una conexión a tierra. Según se describe con más detalle a continuación, los manguitos 104 actúan como un primario de un transformador de radiofrecuencia ("RF") del detector EC.

Un detector de temperatura convencional 106 y un detector de humedad 108 se interponen entre y por encima de cada manguito 104, y entre la pared exterior del tubo 102 y una pared interior 114 (FIGURA 2) de la sonda 100. Preferiblemente, el detector de humedad 108 es del tipo que utiliza dos bandas de cobre relativamente anchas con una banda de cobre más estrecha entre las bandas de cobre más anchas. Dichos detectores de temperatura y detectores de humedad se consideran bien conocidos en la técnica y, por consiguiente, no se describirán con más detalle en la presente memoria, excepto si acaso cuando sea necesario describir la invención.

La FIGURA 2 representa una sección transversal de la sonda de la FIGURA 1 tomada a lo largo de la línea 2-2 de la FIGURA 1. Según se muestra en la misma, la sonda 100 incluye un tubo o pared interior 114. Según se muestra, un secundario 116 del transformador de RF del detector de EC enrollado en una bobina no conductora de electricidad de acetal o de similar, en esencia, estabilidad a la temperatura (FIGURA 3) se coloca dentro de la pared interior alineado con las ranuras 104a. Se proporciona un secundario 116 distinto correspondiente a cada primario 104, y la longitud de cada secundario 116 se aproxima a la longitud de la ranura 104a. El primario 104 del transformador RF del detector EC y el secundario 116 del transformador RF del detector EC se denominan colectivamente en la presente memoria detector EC 120. Según se mencionó anteriormente y se muestra más claramente en la FIGURA 2, múltiples detectores de temperatura 106 y detectores de humedad 108 se interponen entre la pared exterior del tubo 102 y una pared interior 114 de la sonda 100.

La FIGURA 4 es un diagrama de bloques de un sistema para monitorizar la temperatura, humedad y conductividad eléctrica del suelo. Según se muestra, los detectores EC 120 se acoplan a una tarjeta de circuito EC 112 descrita con más detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 5A-5C. La tarjeta EC 112 genera una salida a un convertidor analógico-digital ("A/D") 113, que a su vez convierte la señal analógica en una señal digital que se transmite a un microprocesador 130. Aún más, según se indica mediante una flecha en cada selector de detector EC 121 y una flecha correspondiente en el microprocesador 130, cada detector EC 120 genera una señal directamente al convertidor A/D 113, que convierte la señal analógica en una señal digital que se transmite directamente al microprocesador 130.

Múltiples detectores de temperatura 106 generan múltiples señales preferiblemente a un multiplexor 122, que a continuación transmite una única señal a un convertidor analógico-digital 113, que convierte la capacitancia real en una señal digital compatible con, y transmitida a, el microprocesador 130. Múltiples detectores de humedad 108 generan múltiples señales preferiblemente a un multiplexor 126, que a continuación transmite una única señal al convertidor 124, que a su vez genera una señal al microprocesador 130.

El microprocesador 130 recibe señales de los detectores EC 120, de la placa EC 112, de los detectores de temperatura 106, y de los detectores de humedad 108, y a partir de esas señales genera una señal de datos en serie 132 que comprende información sobre conductividad eléctrica, temperatura y humedad. A modo de ejemplo, la señal de datos en serie 132 se ajusta a RS-232, RS-485, y/o SDI-12, y se transmite, preferiblemente por medio de un transceptor de radio 134, a una instalación de monitorización central (no mostrada).

En una forma de realización preferida, todos los componentes de la FIGURA 4, excepto el transceptor de radio 134, se alojan dentro de la sonda 100, preferiblemente cerca de la placa EC 112.

Las FIGURAS 5A-5C ejemplifican una placa de circuito EC, en donde:

La salida de un regulador de tensión (+5 VCC) se suministra a todos los elementos del circuito que requieren una tensión estable.

La frecuencia (Fx) de un resonador de 4 Mhz, con condensadores de carga incorporados, se utiliza como referencia para una de las entradas del detector de cuadratura (U4). La frecuencia de oscilador (Fo) obtenida del oscilador (Q1) sirve como la otra entrada al detector de cuadratura. Se produce una condición de bloqueo cuando Fo y Fx están dentro de una fase de 90 grados entre sí.

Una vez bloqueada, la salida de U3B, una tensión de CC positiva, sirve como tensión de salida AFC (Control Automático de Frecuencia). Esta tensión se añade a la tensión de RF a través de los diodos varactor de sintonía D1 y D5 para mantener el "bloqueo" desde el extremo catódico. La tensión AFC de polarización inversa hará que los diodos de sintonía cambien su capacitancia inversamente con esta tensión, lo que hará que suban o bajen su capacitancia, para mantener el circuito tanque L C de los osciladores sintonizado a Fx, muy parecido a un servo de cc.

Los diodos de sintonía D7 y D8 se utilizan para fijar inicialmente la Fo del circuito tanque L C en el centro del rango de bloqueo del AFC. Esto permite la captura automática cuando se enciende el circuito EC.

La inductancia del circuito tanque LC se compone de la inductancia de la bobina primaria de los transformadores detectores. La capacitancia equivalente es la suma de: la capacitancia de D7 y D8, + C2, + C2a, + la capacitancia de D1 y D5, + C4.

El valor de la inductancia, para cada uno de los detectores EC, se modifica por la carga de la conductividad del suelo. Esto modifica la frecuencia de resonancia del bucle. El bucle de bloqueo de fase ("PLL") se "sintoniza" mediante los varactores hasta que la frecuencia de resonancia del bucle con el inductor cargado es la misma que la frecuencia del bucle con inductores sin carga (en el aire).

El diodo D2 es un detector de pico de alta impedancia de la tensión de RF del circuito tanque L C. La tensión de salida obtenida del detector de picos se aplica a través de la resistencia de carga R19 y el condensador de filtro C6.

La tensión de salida obtenida del detector de picos, y la tensión de compensación de temperatura que se aplica a D3, se utilizan para accionar el amplificador regulador U3A, que regula la diferencia de error entre los diodos D2 y D3, y da como resultado una tensión de salida relativamente constante en todo el rango de funcionamiento.

El amplificador regulador U3A acciona la fuente de corriente Q2, que a su vez acciona el oscilador Q1.

La tensión inicial en la base de Q1 (en el aire) debe estar comprendida entre 3,80 y 3,83 VCC.

La tensión de salida de Q1 (Vpo) varía desde casi cero hasta una tensión de pico máxima, lineal con el aumento de la tensión de polarización de la base, para cualquier carga del circuito tanque dentro del intervalo de EC. La carga del circuito tanque es la carga vista por el secundario de una vuelta de los transformadores detectores. El diodo Zener D6 se utiliza para limitar la tensión de polarización de la base de Q1, en caso de cortocircuito del secundario del transformador detector.

Cualquier disminución de la resistencia de carga del secundario de los transformadores detectores (detectando una EC menor) hará que el amplificador regulador U3A mantenga Vpo constante, aumentando Vb de Q1, lo que se traducirá en un aumento de su corriente de colector.

ALINEACIÓN/CALIBRACIÓN DE LA PLACA EC

Con el detector EC de interés en el aire:

Suministre + 9 VCC al pin 1 de U1, el regulador de tensión de + 5 VDC.

El micro EC determinará la temperatura en la placa EC, comparando la tensión con la temperatura para el detector de temperatura en la placa, contra el voltaje real medido del detector de temperatura.

Una vez determinada la temperatura actual en la placa, otra tabla de consulta proporcionará la tensión de compensación de temperatura que se debe medir en el pin 3 de U3A.

Se debe aplicar una tensión al ánodo de D3, que es la combinación de la tensión de compensación de temperatura + 0,6 voltios, mientras se monitoriza el pin 3 de U3A. Esto fija la tensión de compensación de temperatura para la temperatura actual de la placa.

La tensión inicial en la base de Q1 (en el aire) debe estar en el rango de 3,80 a 3,83 VCC.

Monitorizar tp1, mientras se varía la tensión de sintonía de los diodos D7 y D8, utilizando una tensión inicial de 9 VCC (Vbat) en tp2, hasta que la tensión en tp1 sea de 3,80 a 3,83 VCC.

Utilizar la tabla de consulta para ajustar DPP1 al valor de resistencia del "limpiaparabrisas" asociado al 100% de agua.

Monitorizar tp3, mientras varías la tensión en tp4, hasta que la tensión en tp3 (pin 5 del amplificador sumador balanceado) sea de 4,00 voltios.

Compruebe que la tensión en el cátodo de D4 es de 0,379 voltios.

Con el detector de EC de interés en solución de EC estándar de gama baja (por ejemplo, 300 µS):

Nota: los valores estándar de EC frente a la tensión en el cátodo de D4 deberían ser preferiblemente en incrementos de 20 µS (150 µS a 1800 µS).

Ajuste la tensión en el pin 5 de U2B hasta que la tensión en el cátodo de D4 mida el valor correspondiente de una tabla de consulta de la solución EC estándar de gama baja. La tensión correspondiente en el cátodo de D4 se escala hasta que sea compatible con la tensión de entrada del microprocesador.

Con el detector EC de interés en una solución EC estándar de gama alta (1800 µS):

Utilizar una solución de EC estándar de alto valor, por ejemplo, 1800 µS, medir el voltaje en el cátodo de D4 y comparar con la tabla de consulta de soluciones de EC con la tensión en el cátodo de D4.

ESTABLECIMIENTO DE UNA NORMA EC LOCAL

Antes de instalar la sonda en el suelo, se debe realizar una calibración inicial local, utilizando agua de riego local o del grifo, con una EC conocida.

En el aire, un potenciómetro digital, R100, se ajusta hasta que el cátodo de D4 indique 0,0.

Con el detector de EC más bajo en agua de EC conocida, ajustar el potenciómetro digital R100 al valor de salinidad conocido.

Este valor CAL se transferirá a todas las demás secciones EC.

MEDICIONES AUTOMÁTICAS INSTALADAS (EN EL SUELO)

El micro se comunicará con el chip de monitorización del detector de temperatura/convertidor de capacitancia a digital, mediante un enlace de comunicación serie, y con el circuito de medición del detector de EC.

La placa M/T/EC (humedad/temperatura/EC) normalmente estará sin alimentación hasta que el micro proporcione una tensión de batería de + 3,6 VCC al convertidor de a de, que proporcionará +9 VCC y +5 VCC a la circuitería de la placa.

A continuación, el micro habilitará las mediciones de temperatura y humedad, y utilizará estas mediciones para realizar mediciones de EC compensadas por temperatura en el nivel (n), donde n = 1 a 15.

El micro proporcionará un valor de % de humedad para cada nivel en el que se vaya a realizar una medición de EC (en formato digital).

El micro aplicará una tensión de compensación de temperatura para los circuitos de medición de humedad y EC, y utilizará la temperatura medida en cada nivel. El detector de temperatura interno del chip compensará automáticamente los cambios de temperatura del chip.

Las tensiones del detector de temperatura externo se utilizarán con una tabla de consulta para determinar la tensión de compensación de temperatura que se debe aplicar al pin 3 del U3A.

El micro comprobará que el valor de % de humedad es de al menos el 85 %, de lo contrario no se realizará la medición de EC y se enviará un error.

Se utilizará una tabla de consulta para ajustar DPP1 al valor de resistencia del "limpiaparabrisas" asociado al valor del % de humedad.

Las tensiones medidas en el cátodo de D4, es la tensión equivalente a la EC de los suelos al nivel del detector especificado.

El procedimiento se repetirá para cada detector de EC adicional especificado, y utilizando el % de humedad en el detector, proporcionado por el chip de monitorización del convertidor de capacitancia a digital/detector de temperatura.

Una vez finalizadas las mediciones, el micro indicará el final de las mediciones y desconectará la alimentación de la placa.

Hay una serie de ventajas asociadas a la invención. A título de ejemplo, entre otras:

La sonda puede realizar mediciones directas de los valores absolutos de EC, sin necesidad de interpolar los datos medidos.

Las mediciones de EC indicadas son lineales.

Las mediciones de EC indicadas son lineales para cada detector.

Las mediciones de EC se pueden realizar en cualquier tipo de suelo, o en combinaciones de suelos no homogéneas.

Las mediciones de la EC se pueden realizar a varias profundidades del suelo, simultáneamente, y encontrándose cada detector de suelo en una composición de suelo única.

Las mediciones de EC se pueden realizar de forma continua o a intervalos de tiempo fijos.

Se puede realizar una amplia gama de mediciones de CE, desde 20 microsiemens hasta 20.000 microsiemens.

Los detectores de las sondas y el circuito están compensados en temperatura para las funciones de humedad y EC.

Por lo tanto, habiendo descrito la presente invención por referencia a algunas de sus formas de realización preferidas, cabe señalar que las formas de realización descritas son ilustrativas más que restrictivas en su naturaleza y que en la descripción precedente se contemplan una amplia gama de variaciones, modificaciones, cambios y sustituciones. Muchas de dichas variaciones y modificaciones se pueden considerar obvias y deseables por los expertos en la técnica basándose en una revisión de la descripción precedente de las formas de realización preferidas. Por consiguiente, es apropiado que las reivindicaciones adjuntas se interpreten de manera amplia y en consonancia con el alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un detector de sonda (100) para medir directamente la conductividad eléctrica ("EC") de un suelo, comprendiendo el detector de sonda:

un tubo con una pared exterior (102) y una pared interior (114);

una placa EC (112) montada en el tubo;

un microprocesador (130) montado en la placa EC; **caracterizado por** transformadores de radiofrecuencia ("RF"), comprendiendo cada transformador RF un primario (104) y un secundario (116) respectivos;

en donde cada primario respectivo comprende un manguito respectivo colocado en el exterior de la pared exterior del tubo para contacto directo con el suelo, en donde cada manguito respectivo define dos ranuras longitudinales (104a), en lados opuestos del tubo, y en donde cada manguito respectivo se acopla eléctricamente a la placa EC;

en donde cada secundario respectivo se enrolla en una bobina respectiva no conductora de electricidad y, en esencia, estable a la temperatura, se coloca dentro de la pared interior alineada con las ranuras de un manguito respectivo y se acopla eléctricamente a la placa EC; y

en donde los transformadores RF se configuran para detectar cambios en una carga mediante los primarios de los transformadores RF;

varios detectores de temperatura (106) montados en el tubo interpuestos entre la pared interior y la pared exterior del tubo, en donde cada uno de los varios detectores de temperatura se coloca próximo a un manguito respectivo, en donde cada detector de temperatura se acopla eléctricamente al microprocesador; y

varios detectores de humedad (108) montados en el tubo interpuestos entre la pared interior y la pared exterior del tubo, en donde cada uno de los varios detectores de humedad se coloca próximo a un manguito respectivo, en donde cada detector de humedad se acopla eléctricamente al microprocesador.

2. El detector de sonda (100) de la reivindicación 1, que comprende además una radio acoplada al microprocesador (130) para recibir señales del microprocesador y para transmitir las señales.

3. El detector de sonda (100) de la reivindicación 1, en donde el tubo se fabrica de PVC.

4. El detector de sonda (100) de la reivindicación 1, en donde los manguitos se fabrican de acero inoxidable.

5. El detector de sonda (100) de la reivindicación 1, en donde los manguitos se acoplan eléctricamente para conexión a tierra.

6. El detector de sonda (100) de la reivindicación 1, en donde los circuitos de bucle de fase bloqueada ("PLL") compensados por temperatura son utilizados por la tarjeta EC para medir los valores EC del suelo.

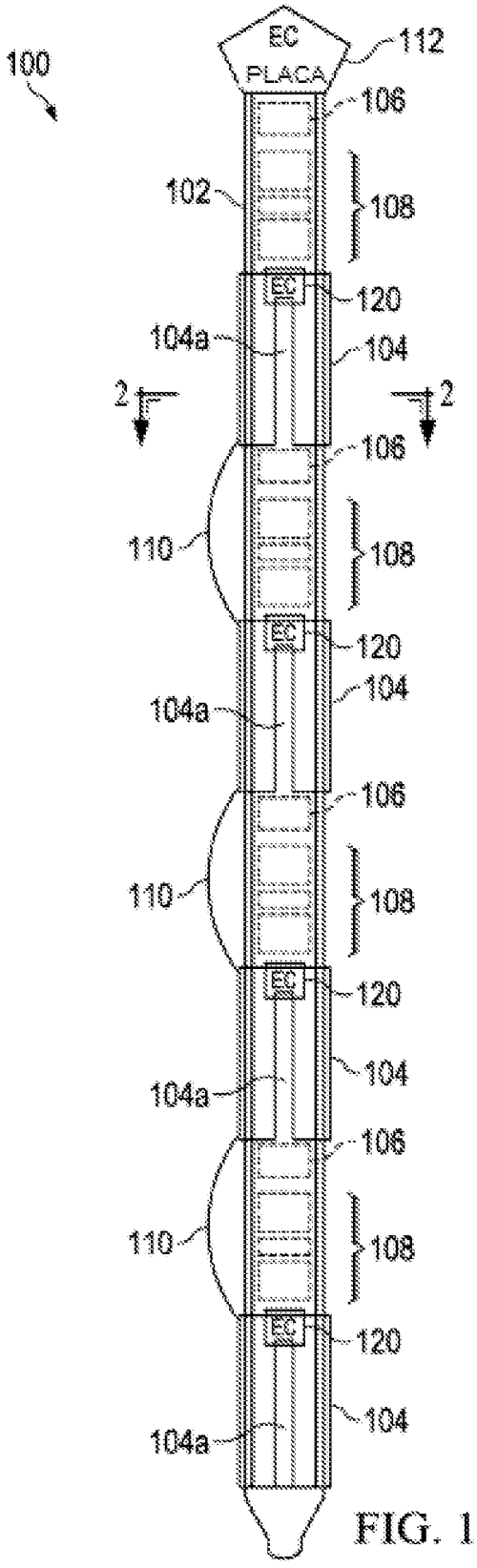

100
EC
PLACA
112
106
102
108
EC
120
104a
104
2
2
106
110
108
EC
120
104a
104
106
110
108
EC
120
104a
104
106
110
108
EC
120
104a
104

FIG. 1

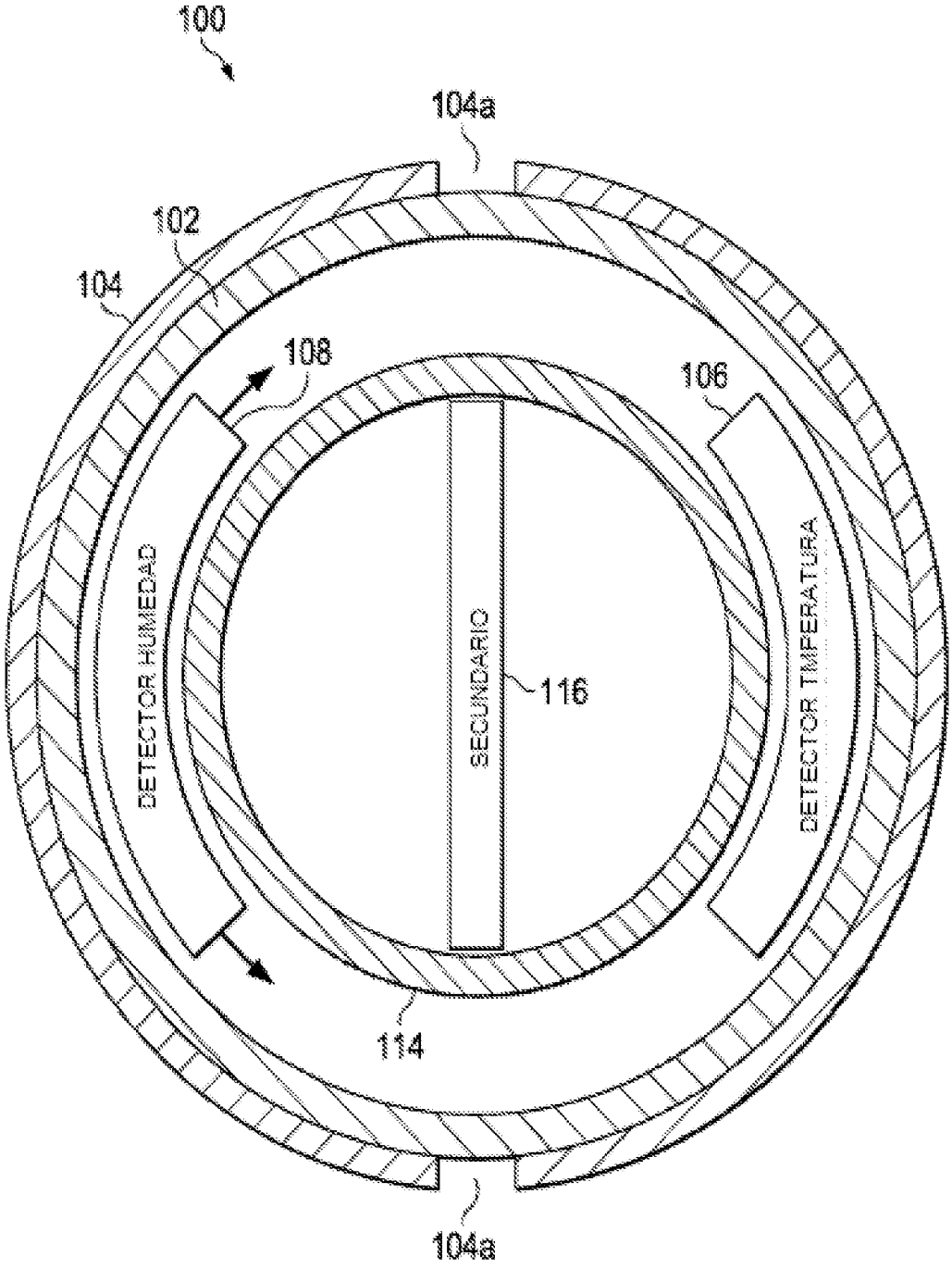

100
104a
102
104
108
106
DETECTOR HUMEDAD
SECUNDARIO
116
DETECTOR TMPERATURA
114
104a

FIG. 2

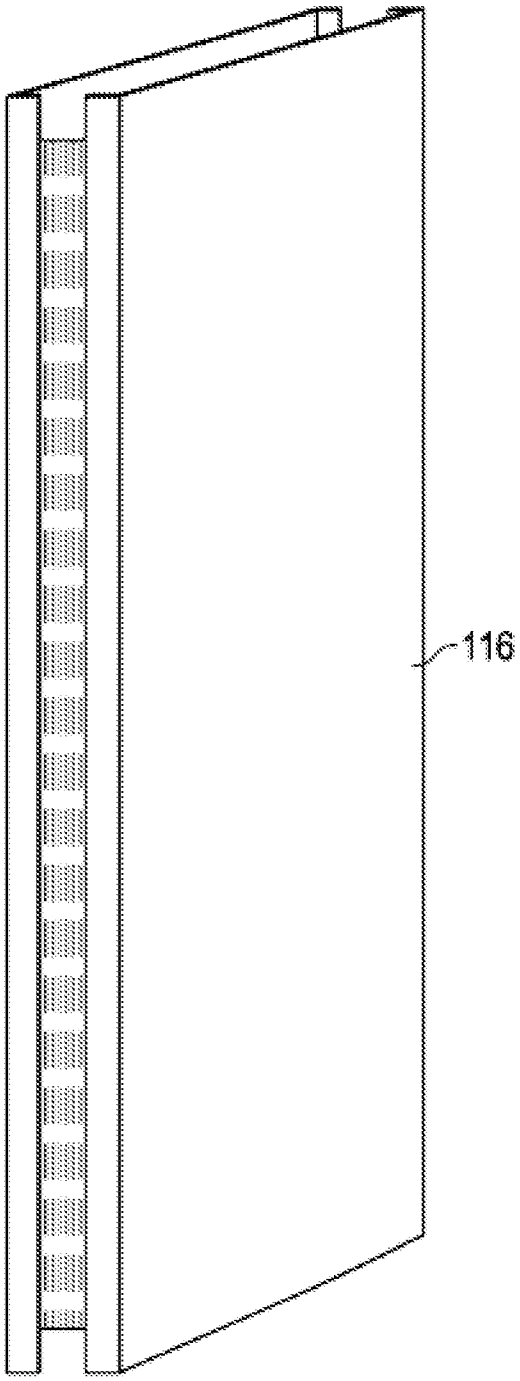


FIG. 3

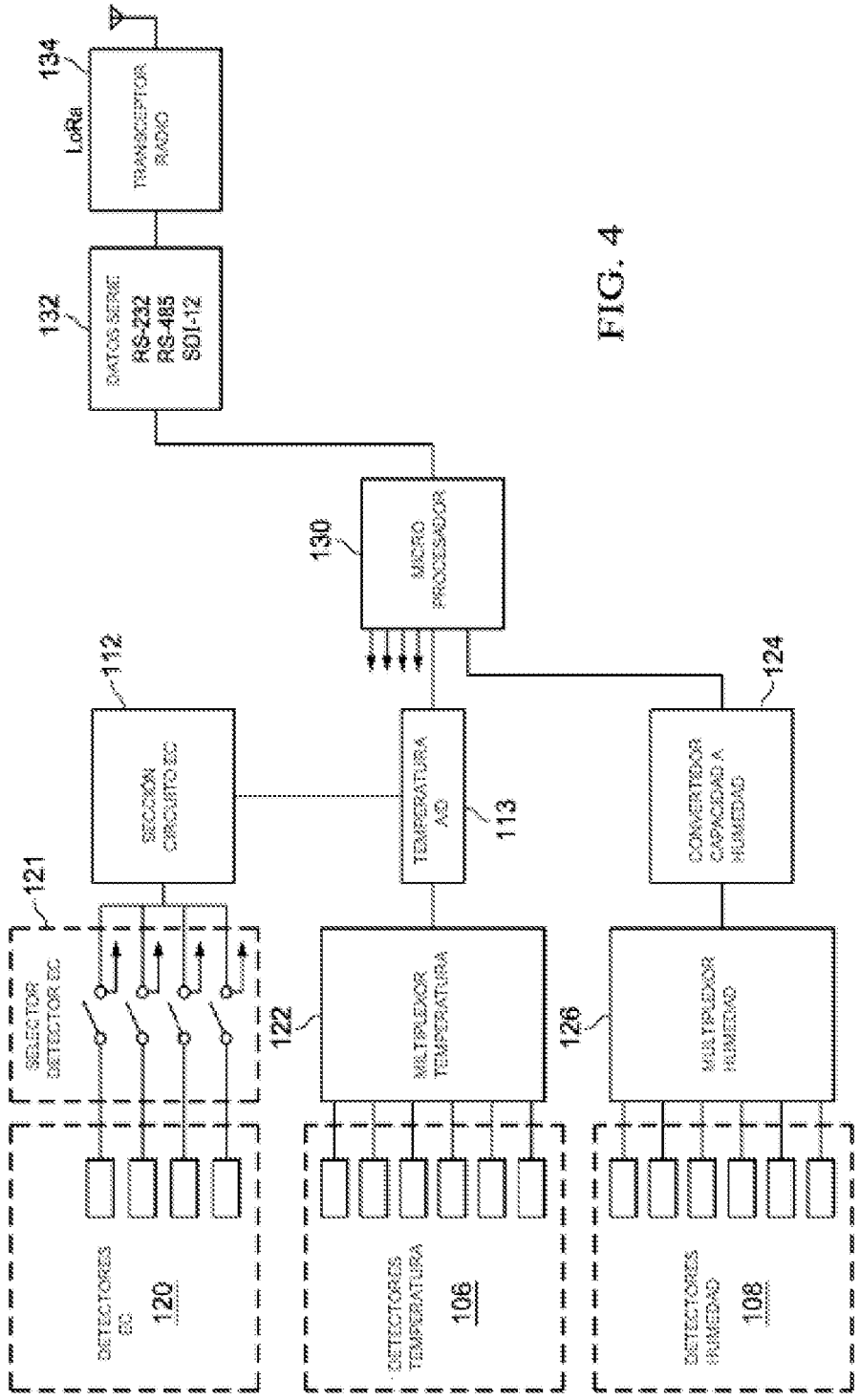

134
LoRa
TRANSCEPTOR RADIO
132
RS-232
RS-485
SDI-12
130
MICRO PROCESADOR
112
SECCION CIRCUITO EC
TEMPERATURA A/D
113
124
CONVERTIDOR CAPACIDAD A HUMEDAD
121
SELECTOR DETECTOR EC
122
MULTIPLEXOR TEMPERATURA
126
MULTIPLEXOR HUMEDAD
DETECTORES EC
120
DETECTORES TEMPERATURA
106
DETECTORES HUMEDAD
108

FIG. 4

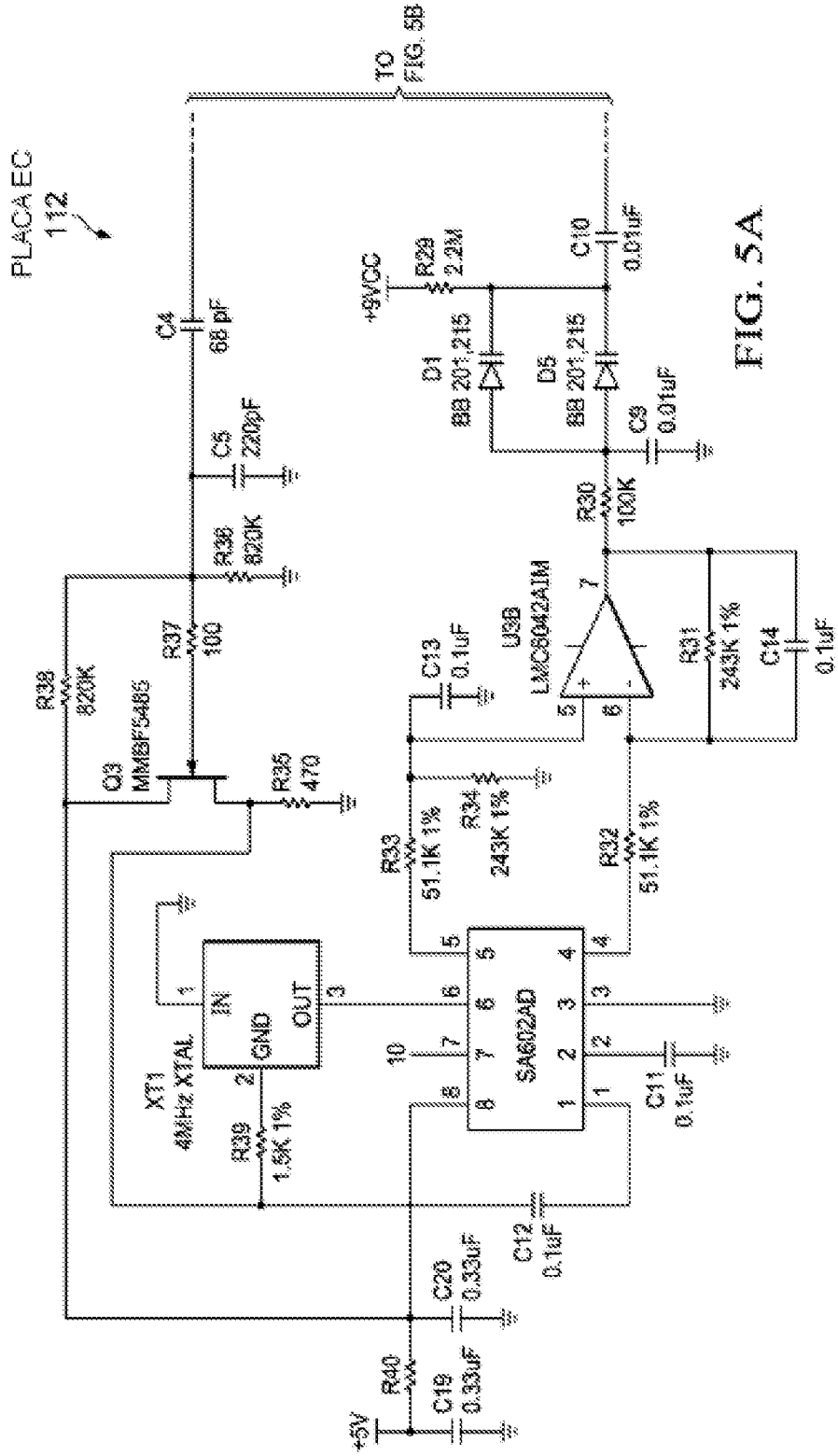

PLACA EC
112
TO
FIG. 5B
C4
68 pF
C5
220pF
R38
820K
R37
100
R39
820K
Q3
MMBF5486
R35
470
+9VCC
R29
2.2M
C10
0.01uF
D1
BB 201,215
D5
BB 201,215
C9
0.01uF
R30
100K
U3B
LMC6042AIM
C13
0.1uF
R31
243K 1%
C14
0.1uF
R33
51.1K 1%
R34
243K 1%
R32
51.1K 1%
XT1
4MHz XTAL
IN
GND
OUT
R39
1.5K 1%
SA602AD
C11
0.1uF
C12
0.1uF
C20
0.33uF
C19
0.33uF
R40
+5V

FIG. 5A

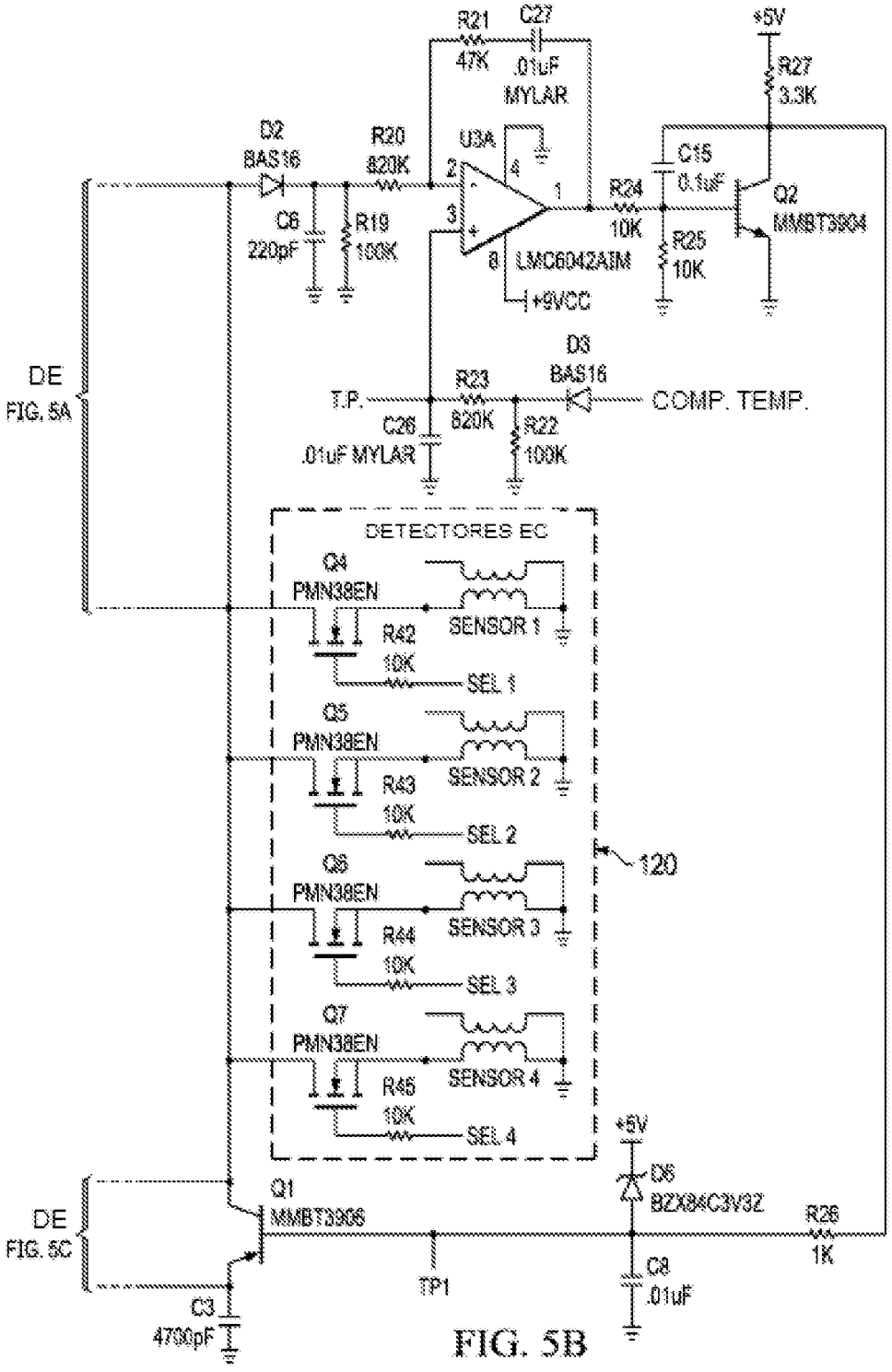

R21
47K
C27
.01uF
MYLAR
+5V
R27
3.3K
D2
BAS16
R20
820K
U3A
C15
0.1uF
Q2
MMBT3904
C6
220pF
R19
100K
LMC6042AIM
R24
10K
R25
10K
+9VCC
DE
FIG. 5A
D3
BAS16
T.P.
R23
820K
COMP. TEMP.
C26
.01uF MYLAR
R22
100K
DETECTORES EC
Q4
PMN38EN
SENSOR 1
R42
10K
SEL 1
Q5
PMN38EN
SENSOR 2
R43
10K
SEL 2
120
Q6
PMN38EN
SENSOR 3
R44
10K
SEL 3
Q7
PMN38EN
SENSOR 4
R45
10K
SEL 4
+5V
D6
BZX84C3V3Z
Q1
MMBT3906
R26
1K
DE
FIG. 5C
TP1
C8
.01uF
C3
4700pF

FIG. 5B

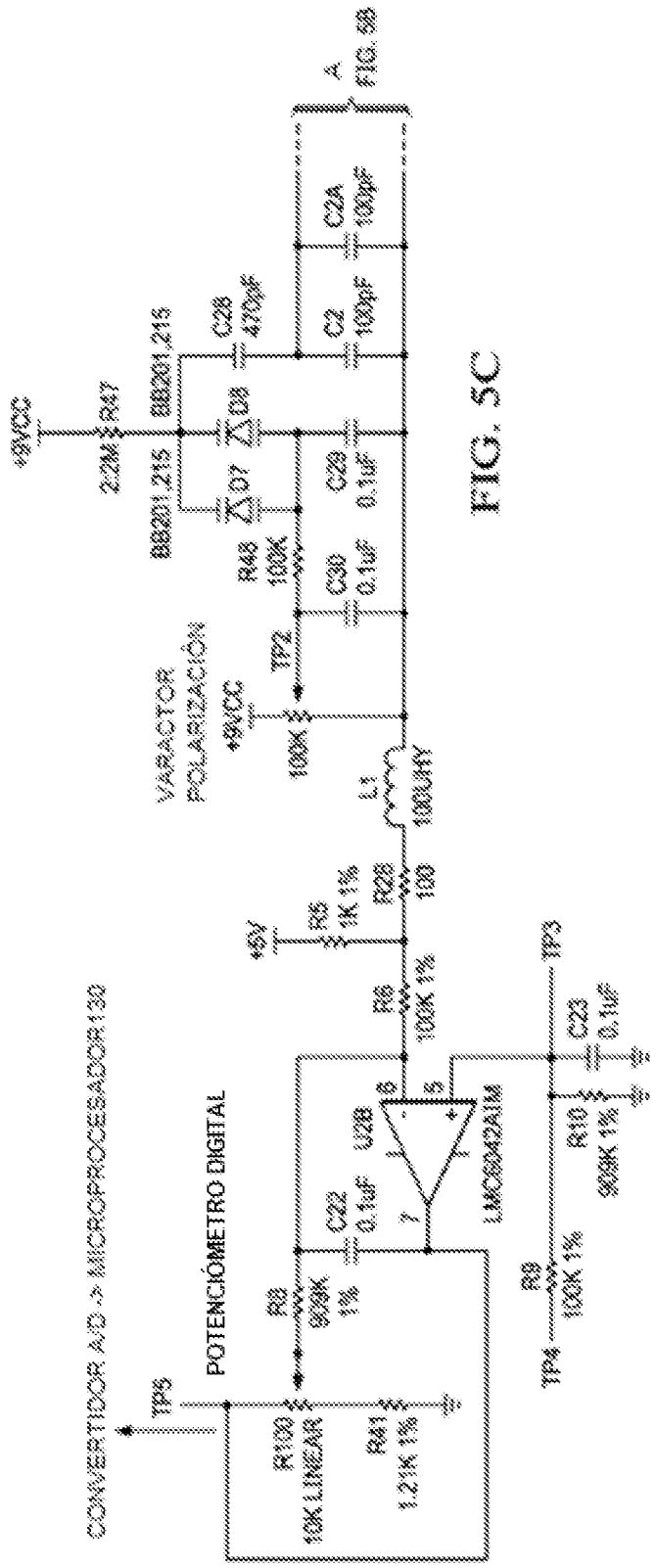

A
FIG. 6B
+9VCC
R47
2.2M
BB201,215
D8
D7
C28
470pF
C2A
100pF
C2
100pF
C29
0.1uF
C30
0.1uF
R48
100K
TP2
VARACTOR
POLARIZACIÓN
+9VCC
100K
L1
100UHY
+5V
R5
1K 1%
R28
100
R6
100K 1%
TP3
C23
0.1uF
R10
909K 1%
TP4
R9
100K 1%
U2B
LMC6042AIM
C22
0.1uF
R8
909K
1%
R100
10K LINEAR
R41
1.21K 1%
TP5
POTENCIÓMETRO DIGITAL
CONVERTIDOR A/D -> MICROPROCESADOR 130

FIG. 5C