



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 279 950**

51 Int. Cl.:
H05B 6/06 (2006.01)
H05B 6/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03728210 .0**
86 Fecha de presentación : **28.05.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1629698**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **01.03.2006**

54 Título: **Placa de cocina de inducción.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.09.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.09.2007

73 Titular/es: **TÜBITAK-UZAY (Türkiye Bilimsel ve
Teknik Arastirma Kurumu - Uzay Teknolojileri
Arastirma Enstitüsü)
Odtu Eskisehir Yolu
06531 Ankara, TR**

72 Inventor/es: **Colak, Baris y
Ertan, H. Bulent**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Placa de cocina de inducción.

5 **Campo de la técnica**

Este invento se refiere a un sistema de calentamiento por inducción, más particularmente a una cocina de inducción para uso como electrodoméstico.

10 **Antecedentes del invento**

Los dispositivos de cocina o placas de cocina de inducción son más fiables y eficaces, no tienen llama y, por tanto, son aparatos más seguros en comparación con otros tipos de cocinas. En las placas de cocina de inducción se genera corriente de alta frecuencia en la bobina de calentamiento que, usualmente, está acoplada con un condensador resonante. La corriente de la bobina de calentamiento genera un flujo magnético de alta frecuencia que da lugar a una acción de inducción electromagnética que genera corrientes parásitas en un utensilio de cocina, retirable o no retirable (cazo, sartén, etc.), fabricado de un material magnético tal como acero, hierro, etc. Como resultado de estas corrientes parásitas, el utensilio de cocina y el alimento en él contenido, se calientan.

Dado que el invento está relacionado con un electrodoméstico, éste no debe emitir ruido a la línea de alimentación de corriente alterna, debe funcionar con un factor de potencia unitario y debe estar dotado de protecciones contra condiciones peligrosas tales como no existencia de carga, sobreintensidades, sobretensiones o sobrecalentamiento. Otro aspecto importante de tales aparatos es la reducción del coste de todo el sistema.

La circuitería de las placas de cocina de inducción tiene, fundamentalmente, dos partes: una primera consistente en una etapa de potencia que genera energía para cocinar, y una segunda, consistente en un circuito de control de potencia, de temporización y de vigilancia, que hace funcionar al sistema y que proporciona un control conveniente para el usuario.

En las placas de cocina de inducción se utilizan dos tipos de etapas de potencia principales: un inversor con un solo transistor y un inversor de medio puente. El inversor con un solo transistor es una etapa de potencia de bajo coste con un solo transistor que lo facilita el control. Por otro lado, las placas de cocina con inversor de medio puente tienen dos transistores y su coste es mayor que el de las que tienen inversores con un solo transistor. A cambio, pueden funcionar con márgenes de potencia más amplios y con frecuencias más altas, lo que puede permitir que el aparato caliente incluso materiales magnéticos de baja resistencia, tales como el aluminio.

Se han desarrollado varias soluciones para incorporar en la práctica la circuitería de control de un sistema de cocina de inducción. Algunas de ellas se basan, únicamente, en la circuitería analógica para las operaciones de control de la potencia, la vigilancia y la temporización, por ejemplo, como la descrita en la patente norteamericana núm. 4429205. Las principales desventajas de los sistemas analógicos son que no pueden ser fácilmente modificados para cambiar sus características de funcionamiento, que la resolución de los problemas que presentan tales sistemas puede ser difícil y que son menos estables y robustos en comparación con los sistemas digitales. Otras soluciones se basan en circuitos analógicos y digitales, tales como la descrita en el documento US 5648008. Este sistema utiliza circuitería analógica solamente para vigilar y activar el inversor de potencia, pero ello no resulta ser más ventajoso que los sistemas totalmente digitales, ya que el control de la potencia o la adaptación del sistema de activación para sistemas con múltiples bobinas, resultan ser muy difíciles. Además, este sistema interrumpe el funcionamiento de la placa de cocina en ciclos seleccionados de la línea de corriente, lo que provoca el problema conocido como “parpadeo”.

También se conocen en la técnica anterior sistemas de inducción que se basan solamente en circuitos digitales. El documento US 4.511.781 describe un sistema que emplea un microprocesador para todas las acciones de control, pero que intenta gestionar todas las críticas y rápidas operaciones de temporización con el microprocesador. Por tanto, se necesita un microprocesador sumamente rápido y caro. En consecuencia, el coste del sistema aumenta y éste resulta ser menos factible.

Además, en la técnica anterior se reivindica que los microprocesadores son sensibles a las fluctuaciones de la línea de corriente, lo que puede causar salidas y errores de programa aleatorios. Así, no es aconsejable basarse solamente en el microprocesador para activar señales de paso discriminado de la etapa de potencia. Pero, en este invento, con ayuda de circuitería adicional podría evitarse que la etapa de potencia resultase dañada. En la técnica anterior no se conoce ningún invento que lleve a cabo todas las acciones de control a través de un microprocesador, que sea estable y robusto y que tenga un coste competitivamente bajo en comparación con otros sistemas.

Se han realizado muchos intentos para detectar la presencia de un utensilio de cocina adecuado sobre la placa de cocina. Algunos de esos inventos han hecho uso de observadores adicionales o de equipos especiales para detectar la presencia del utensilio de cocina o sus dimensiones. Algunos de ellos solamente utilizan técnicas para vigilar diversas señales de los inversores de potencia para compensación de carga.

Sumario del invento

Los objetos principales del presente invento son proporcionar una cocina de calentamiento por inducción que funcione con un factor de potencia unitario, que no genere ruido audible durante su funcionamiento, que pueda detectar continuamente las variaciones de carga y que pueda trabajar en un amplio margen de potencias, pueda controlar la temperatura del utensilio de cocina y se proteja automáticamente contra condiciones peligrosas, tales como situaciones de sobre-intensidad y falsas señales de paso discriminado.

El aparato de cocina de inducción de este invento comprende una etapa de potencia constituida por un circuito inversor casi resonante con un único transistor (transistor bipolar con electrodo de mando aislado, IGBT). De acuerdo con la serie de los impulsos de paso discriminado, el transistor es puesto en conducción y fuera de conducción de manera continua. Como resultado de estos impulsos, se genera una corriente de alta frecuencia en la bobina de calentamiento y el condensador resonante. La corriente en la bobina de calentamiento genera un flujo magnético de alta frecuencia que da lugar a una acción de inducción electromagnética que genera corrientes parásitas en un utensilio de cocina, retirable o no retirable, situado sobre la placa de cocina y fabricado de un material magnético tal como acero, hierro, etc. Como resultado de estas corrientes parásitas, se calientan el utensilio de cocina y el alimento en él contenido.

El sistema de placa de cocina de inducción se alimenta a partir de una fuente de tensión de corriente alterna. Un rectificador está conectado entre la fuente de tensión de corriente alterna y la etapa de potencia de la placa de cocina de inducción para generar series de semiciclos de corriente alterna rectificada. La bobina de calentamiento está conectada entre la salida del rectificador y el interruptor semiconductor (IGBT). El condensador resonante está conectado en paralelo a la bobina de calentamiento y un diodo anti-paralelo está conectado en paralelo al IGBT.

Como se ha mencionado en la sección previa, en la técnica anterior no existe ningún sistema que emplee un microprocesador para activar el transistor y para ejecutar las operaciones de temporización, rápidas y críticas, tales como la medición de señales de realimentación procedentes de la etapa de potencia. El objetivo de este sistema es aprovechar todas las ventajas de un microprocesador para estas operaciones críticas y, con ayuda de circuitería analógica adicional, reducir al mínimo las desventajas de un sistema digital (por ejemplo, las salidas y los errores de programa aleatorios debidos a fluctuaciones de potencia).

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra el diagrama de bloques funcional del conjunto del sistema de cocina de inducción que incorpora el invento.

La figura 2 ilustra el diagrama de bloques en que los bloques de control de la figura 1 han sido sustituidos por el microprocesador.

La figura 3 representa la etapa de potencia y la etapa de entrada del sistema de cocina de inducción.

Las figuras 4a y 4c muestran la forma de onda de la corriente del IGBT en función del tiempo, la tensión colector-emisor, V_{CE} , del IGBT en función del tiempo, y la señal de paso discriminado del IGBT en función del tiempo, respectivamente, cuando la potencia de entrada es relativamente baja.

Las figuras 5a y 5c muestran la forma de onda de la corriente del IGBT en función del tiempo, la tensión colector-emisor, V_{CE} , del IGBT en función del tiempo, y la señal de paso discriminado del IGBT en función del tiempo, respectivamente, cuando la potencia de entrada es relativamente alta.

Las figuras 6a y 6b ilustran el diagrama de flujo del software del microprocesador.

Las figuras 7a y 7b representan la "Rutina 1: Obtener entradas de usuario" y la "Rutina 2: Determinar duración del período de puesta fuera de conducción" del software del microprocesador ilustrado en las figuras 6a y 6b.

La figura 8 muestra el diagrama de circuito para el bloque transformador de corriente.

La figura 9 ilustra el diagrama de circuito para el bloque de circuitos de protección.

Las figuras 10a y 10b muestran la forma de onda V_{CE} en función del tiempo, después de que el electrodo de mando del IGBT recibe un impulso de puesta en conducción y la temporización del siguiente impulso de puesta en conducción.

Las figuras 11a-11d ilustran la corriente del inductor, I_L , en función del tiempo, V_{CE} en función del tiempo, la señal de paso discriminado, V_{GE} , en función del tiempo y la salida de paso por cero en función del tiempo.

La figura 12 representa el diagrama de circuito del circuito de detección de utensilio de cocina.

Las figuras 13a y 13b muestran la tensión, V_{C1} , de enlace de corriente continua en función del tiempo, y la salida del detector de paso por cero de 50 Hz en función del tiempo, cuando sobre la placa de cocina está colocado un utensilio adecuado.

Las figuras 14a y 14b muestran la tensión, V_{DC} , de enlace de corriente continua en función del tiempo, y la salida del detector de paso por cero de 50 Hz en función del tiempo, cuando sobre la placa de cocina no hay colocado un utensilio adecuado.

La figura 15 representa el diagrama de circuito del bloque convertidor de temperatura en tensión.

La figura 16 representa el diagrama de circuito del bloque de activación del electrodo de mando del sistema de cocina de inducción.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La figura 1, en la que los bloques han sido designados de acuerdo con sus funciones, muestra la representación, en forma de diagrama de bloques, del sistema de cocina de inducción. El bloque "Etapa de potencia" (10) es donde tiene lugar la transmisión de energía del sistema al utensilio de cocina (20) y donde se generan la corriente y el campo magnético de alta frecuencia. El transistor bipolar con electrodo de mando aislado (IGBT) empleado en este bloque es activado por los impulsos de paso discriminado enviados por el bloque "activador de electrodo de mando" (11).

"Activador de electrodo de mando" (11) recibe señales de los bloques "controlador de duración del período en conducción" (12) y de "controlador de duración del período fuera de conducción" (13). "Controlador de duración del período en conducción" (12) determina la duración del período de conducción de los impulsos de paso discriminado de acuerdo con el nivel de potencia requerido por el bloque "controlador de potencia" (14). Las duraciones de los períodos de conducción de las señales de paso discriminado de cada nivel de potencia son definidas y diferentes entre sí. El valor al que llega la corriente del inductor (19) en ese período también es definido, por lo que también se vigila el valor (620) de la corriente del inductor. El bloque "controlador de duración del período fuera de conducción" (13) determina las duraciones de los períodos de fuera de conducción de los impulsos (540) de paso discriminado. Los períodos de fuera de conducción no varían con el valor de la corriente, pero son sensibles a las variaciones de carga. Y las duraciones de los períodos de fuera de conducción están definidas por los pasos por cero de la corriente del inductor o bobina de calentamiento (19). Así, el circuito "Detector de paso por cero" (22) empleado en el bloque "Circuitos de protección" (15) detecta los instantes de paso por cero de la corriente del inductor (19) y, en esos instantes, envía una señal al controlador (13) de período de fuera de conducción.

La corriente del inductor (19) es medida y transformada en una señal de tensión de bajo valor por el bloque "transformador de corriente" (16). El "Controlador de potencia" (14) obtiene las entradas de usuario, tales como el nivel de potencia deseado o la temperatura deseada del utensilio de cocina, y define en consecuencia las duraciones de los períodos de puesta en conducción del impulso de paso discriminado (540). También, vigila el valor de pico (610) de la corriente del inductor y la temperatura del utensilio de cocina (20) para controlar el nivel de potencia y la temperatura del utensilio de cocina (20). Además, vigila las salidas (570A, 570B, 590) de señales de aviso e interrumpe el funcionamiento en caso necesario.

El bloque "Circuitos de protección" (15) está diseñado para proteger el sistema contra condiciones de sobreintensidad y señales de paso discriminado (520) erróneas. Este bloque vigila continuamente la tensión colector-emisor, V_{CE} , del IGBT y el valor (620) de la corriente del inductor y hace que el bloque (14) de control de potencia interrumpa el funcionamiento del sistema cuando se presenta una condición peligrosa. El circuito (17) de detección de utensilio de cocina observa la tensión (500) de enlace de corriente continua de la etapa de potencia (10) y hace que el bloque (14) controlador de potencia interrumpa el funcionamiento si se detecta un utensilio de cocina inadecuado.

La figura 2 muestra el mismo diagrama de bloques funcional que la figura 1 cuando se emplea un microprocesador (18) en el sistema como interconexión con el usuario, para controlar la temperatura del utensilio (20) y el nivel de potencia, y para la observación de condiciones peligrosas.

El circuito "Etapa de potencia" (10) genera un campo electromagnético de alta frecuencia (unos 20-25 KHz) para calentar un utensilio de cocina (20) de material magnético. La figura 3 muestra el diagrama de circuito detallado de la etapa de potencia (10). El circuito de potencia está conectado a la red a través de un "rectificador de onda completa" (24) D1, D2, D3 y D4. La salida (500) del rectificador de onda completa (24) es alimentada a la etapa de potencia (10) a través de un condensador de derivación de alta frecuencia, C1. La tensión a través de C1, V_{C1} o V_{DC} , también se denomina tensión de enlace de corriente continua (500). C1 no es lo bastante grande para hacer que V_{DC} sea una señal de corriente continua lisa; así, V_{DC} está formada por la pluralidad de semiciclos de línea de corriente rectificadas. Como la frecuencia de interrupción (unos 20 KHz) del IGBT es mucho mayor que la frecuencia de la red (50 Hz), podría suponerse que la tensión de enlace de corriente continua (500), V_{DC} , es constante durante un período de interrupción (aproximadamente 50 μ s).

El transistor (IGBT) es puesto en conducción y fuera de conducción en respuesta a señales (520) de impulsos procedentes del circuito de activación para llevar a una bobina de calentamiento (19), L, y a un condensador en paralelo con ella, C_{RES} , a un estado resonante. En consecuencia, la bobina de calentamiento (19) genera un flujo magnético que

provoca una acción de inducción electromagnética para generar una corriente parásita en un utensilio de cocina (20) de material magnético. Cuando el transistor es puesto en conducción, una corta corriente de circuito, I_{Cres} , circula por el condensador resonante y el IGBT durante un período muy breve (unos pocos microsegundos). Durante el resto del período de conducción, por la bobina de calentamiento (19) y el IGBT circula la corriente I_L . La suma de estas dos corrientes es la corriente del IGBT y está representada en la figura 4a. El valor de I_{Cres} depende del valor de la tensión (510) de colector-emisor del IGBT, V_{CE} , en el instante de ser puesto en conducción. La forma de onda de V_{CE} (510) se ilustra en la figura 4b. Como puede verse, el transistor es puesto en conducción en el instante en que la tensión de colector no es cero. Así, la tensión a través del condensador resonante esforzada a un cambio igual al valor de V_{CE} (510) en el instante de la puesta en conducción. De esta manera, puede escribirse la siguiente ecuación:

$$C_{RES} \cdot \Delta V_{Cres} / \Delta t_{fi} = C_{RES} \cdot V_{CE} / \Delta t_{fi} = I_{Cres}$$

Donde Δt_{fi} , ilustrado en la figura 4b, se define como el período de tiempo que V_{CE} (510) cae a cero, a saber, el tiempo de cambio a conducción. Asimismo, ΔV_{Cres} es el cambio de la tensión a través de C_{RES} .

Cuando se aumentan las duraciones de los períodos de tiempo en conducción también aumenta la potencia consumida de la línea de corriente. La corriente del IGBT para el caso de una salida de alta potencia, está representada en la figura 5a. Como V_{CE} (510) en el instante de puesta en conducción es de cero voltios, ΔV_{Cres} es, también, igual a cero. Así, utilizando la ecuación anterior, se encuentra que I_{Cres} es cero. Por ello, es evidente, a partir de la figura 5a, que sólo circula por el IGBT la corriente del inductor (19). La forma de onda de la tensión (510) de colector está representada en la figura 5b. Dada la naturaleza del circuito resonante, V_{CE} tiende a adoptar valores negativos, pero el diodo en anti-paralelo, D_p , impide estos ciclos negativos. Por tanto, V_{CE} (510) está limitada a cero voltios cuando D_p está en conducción, como se indica en la figura 5b.

Si durante 20 milisegundos, que es el período de la señal de corriente alterna de entrada de 50 Hz (V_{ac}), se supone que los períodos de puesta en conducción y fuera de conducción de los impulsos de paso discriminado (520) tienen duración constante y se desprecia la corriente I_{CRES} , entonces podría aceptarse que la media de la corriente del IGBT, es decir, la corriente de entrada, es proporcional a la tensión (500) de enlace de corriente continua y, por ello, a V_{ac} . Consiguientemente, el sistema toma corriente de la red con un factor de potencia unitario, es decir, la corriente de entrada y V_{ac} tienen la misma fase.

El dispositivo digital (18) responde para iniciar e interrumpir el funcionamiento de la etapa de potencia (10). El microprocesador (18) pone en marcha la etapa de potencia (18) cuando el sistema es activado y se recibe una entrada de usuario. El microprocesador (18) detiene el funcionamiento cuando la temperatura del utensilio de cocina (20) alcanza un valor predeterminado por el usuario. Asimismo, inhabilita el funcionamiento del inversor cuando se detecta la presencia de un utensilio de cocina inadecuado y vuelve a poner en marcha el sistema después de un tiempo. Cuando es recibida una señal de alarma (570A, 570B, 590) procedente de los circuitos periféricos analógicos (15, 17), el microprocesador (18) trata esta señal e inhabilita las señales de paso discriminado (540) durante un período de duración determinada; luego, se reinicia cuando se ha superado el período de silencio.

El dispositivo digital (18) ajusta el nivel de potencia regulando los períodos de puesta en conducción de los impulsos de paso discriminado (540); no se requiere un funcionamiento intermitente para ajustar el nivel de potencia. Al comienzo, la placa de cocina empieza a calentar a la potencia mínima, lo que significa que las señales de paso discriminado de conducción son las más cortas y, luego, se incrementa la potencia hasta que se alcanza el nivel de potencia deseado del usuario. La potencia se vigila supervisando el valor de pico de la corriente (610) del inductor; este valor está relacionado directamente con la potencia de salida.

Se describe el algoritmo del programa del microprocesador (18) con ayuda del diagrama de proceso ilustrado en las figuras 6a y 6b. Cuando se activa (100) el sistema, el microprocesador (18) lee las entradas de usuario como se muestra mediante la Rutina 1: OBTENER ENTRADAS DE USUARIO (110), que se muestra en la figura 7a.

En la Rutina 1 (110), el microprocesador (18) lee las variables MODO y NIVEL (111) definidas por el usuario a través del panel de usuario, no necesariamente mostrado en la figura. MODO podría ser TEMP (TEMPERATURA) o POWER (POTENCIA) (112). Si es TEMP, ello significa que la placa de cocina de inducción funcionará como sistema (114) controlado por temperatura. Así, funcionará a la máxima potencia, definida como Max_Power (potencia_máxima) hasta que la temperatura alcance el valor deseado por el usuario, definido como Final_Temp (temperatura_final), que es igual a la variable NIVEL. Si el MODO es POTENCIA (113) ello significa que la placa de cocina funcionará a la potencia deseada por el usuario, que es igual a la variable NIVEL. Asimismo, el funcionamiento se interrumpirá, como precaución de seguridad, si la temperatura alcanza el valor máximo permisible, definido como Max_Temp (temperatura_máxima). Max_Temp y Max_Power son los parámetros constantes del sistema y no pueden ser modificados por el usuario.

Tras adquirir las entradas de usuario, el nivel de potencia de corriente, Nivel_de_potencia, con que funciona la placa de cocina, se fija al nivel de potencia mínimo del sistema, Potencia_mínima (120). Las duraciones de los períodos de conducción son valores predeterminados que cambian, en consecuencia, con el nivel de potencia de corriente. Cada nivel de potencia tiene sus propias duraciones (120) predefinidas de los períodos de conducción. Potencia_mínima es un parámetro constante del sistema y no puede ser modificado por el usuario.

ES 2 279 950 T3

La duración de los períodos de fuera de conducción depende de la frecuencia resonante de la etapa de potencia (10), a saber, de las variaciones de la carga; por ello, deben actualizarse dinámicamente. Durante la puesta en marcha para determinar las duraciones de los períodos de fuera de conducción, en primer lugar se genera (130) un único impulso de paso discriminado (540). “Paso discriminado” es una función incorporada de la salida en PWM (modulación de anchura de impulsos) del microprocesador. El primer argumento de la función “paso discriminado” es la duración en conducción de la señal de paso discriminado (520), y el segundo argumento es la duración fuera de conducción. Para generar un único impulso, se envía la duración predefinida en conducción como primer argumento y, como duración (130) del período fuera de conducción se introduce un tiempo suficientemente largo, de 1 segundo (este valor no es obligatorio sino, simplemente, preferible), de forma que en la salida (520) del electrodo de mando del microprocesador (18) solamente se producirá un impulso.

Después de generar el impulso único de paso discriminado, se llama a la Rutina 2: DETERMINAR LA DURACIÓN (140) DEL PERÍODO FUERA DE CONDUCCIÓN, ilustrada en la figura 7b. En esta rutina, en el instante (141) de puesta fuera de conducción de la señal (520) de paso discriminado, se pone en marcha un temporizador (142) y se cuenta (143) el tiempo que transcurre hasta que se presenta el borde descendente de la señal del perceptor de paso por cero. Este tiempo se guarda como duración (144) del período fuera de conducción.

Después de determinar las duraciones de los períodos de conducción y fuera de conducción de las señales de paso discriminado, podrían iniciarse éstas utilizando la función “Paso discriminado” (150).

Cada segundo se comprueban las entradas de usuario, para ver si éste ha realizado alguna actualización y, cada 100 milisegundos (este valor no es obligatorio sino, simplemente, preferible) se comprueba el valor (610) de pico de la corriente del inductor; se actualiza Nivel_de_potencia de forma que pueda alcanzarse Nivel_de_potencia_final y, finalmente, se comprueba la temperatura del utensilio de cocina (20). Se emplean dos temporizadores: temporizador 1 y temporizador 2, para contar la duración de estos períodos. Estos temporizadores se ponen en marcha justamente después de iniciarse (160, 170) los impulsos (540) de paso discriminado. Cuando la tensión de enlace de corriente continua alcanza su valor de pico, se actualiza la duración del período fuera de conducción empleando la Rutina 2 (140), como se ha descrito en lo que antecede. Esta acción se repite en un bucle cada 10 milisegundos (este valor no es obligatorio sino, simplemente, preferible).

Así, se ejecutan 3 bucles anidados (cada uno de ellos con sus propios temporizadores: temporizador 1, temporizador 2, temporizador 3) que se repiten continuamente a no ser que se interrumpa el funcionamiento del sistema. La envolvente del valor (610) de la corriente del inductor se comprueba cada 100 milisegundos; si el valor de pico (610) de la corriente no está en una banda de $\pm 20\%$ (este valor no es obligatorio sino, simplemente, preferible) en torno al valor esperado, entonces se detiene (200) el funcionamiento durante 3 segundos y se inicia de nuevo todo el procedimiento; de otro modo, el software continúa su ejecución (190).

El nivel de la potencia de la corriente, Nivel_de_potencia, es comparado con el Nivel_de_potencia_final, que es el nivel de potencia deseado (190) por el usuario. Si Nivel_de_potencia es mayor que Nivel_de_potencia_final, entonces se reduce (210) Nivel_de_potencia. Si son iguales, no se lleva a cabo actualización alguna (220); de otro modo, se incrementa (230) Nivel_de_potencia. La temperatura del utensilio de cocina (20) es recibida desde el circuito periférico analógico (21) y se guarda en la variable TEMP. Se compara TEMP con el valor Temperatura_final que desea (240) el usuario. Si la temperatura del utensilio de cocina (20) llega al valor deseado, se detiene el funcionamiento del sistema durante 10 segundos (este valor no es obligatorio sino, simplemente, preferible) y se vuelve a iniciar todo el procedimiento desde el principio (250). De otro modo, el software continúa su ejecución (260).

El bucle más corto se termina en el instante en que aparece el valor de pico de la señal (500) de enlace de corriente continua; este instante se presenta 5 milisegundos después de que la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz alcanza el valor ALTO (si se supone que la frecuencia de la línea es de 50 Hz). Si esta salida (580) no adopta el valor ALTO, se comprueban (280) las salidas (570A, 570B) de los circuitos de protección (15) y la salida (590) del circuito (17) de detección de utensilio de cocina. Si alguna de ellas (570A, 570B, 590) tiene el valor ALTO, ello significa que se ha colocado un utensilio de cocina inadecuado sobre la placa de cocina o que se ha producido una condición peligrosa, por lo que las señales (540) de paso discriminado se interrumpen durante 3 segundos (200). Una vez completado el período de 3 segundos, se vuelve a iniciar (100) todo el procedimiento. Si ninguna de ellas (570A, 570B, 590) tiene el valor ALTO, entonces se comprueba de nuevo la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz, en forma de bucle (260).

Cuando la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz toma el valor ALTO, el microprocesador repone el “temporizador 3” y da comienzo a un recuento de 5 milisegundos (270). Mientras se realiza dicho cómputo, el microprocesador (18) también comprueba las salidas (570A, 570B) de los circuitos de protección (15) y la salida (590) del circuito (17) de detección de utensilio de cocina. Si alguna de ellas (570A, 570B, 590) adopta el valor ALTO (320), las señales (540) de paso discriminado son interrumpidas durante 3 segundos (200). De otro modo, se comprueba el temporizador 3 si expira (330) el período de 5 milisegundos. Si no ha expirado, se comprueban, en forma de bucle (320), las señales (570A, 570B, 590) de aviso de peligro. De lo contrario, se actualiza la duración del período de fuera de conducción de los impulsos (540) de paso discriminado empleando la Rutina 2 (140) y se actualizan en consecuencia (290) las duraciones de los períodos de fuera de conducción de las señales de paso discriminado.

ES 2 279 950 T3

Luego, se comprueban los temporizadores para ver si se han superado (300, 310) las duraciones de los bucles. Si se ha superado (310) la duración de 100 milisegundos, entonces el temporizador 2 es repuesto (170) y se repite el procedimiento descrito en lo que antecede. Si se ha superado (300) la duración de 1 segundo, se comprueban las entradas de usuario utilizando la Rutina 1 (110), en cuanto a actualizaciones y, luego, se repone (160) el temporizador 1 y se repite el bucle.

El bloque (16) de transformación de corriente transforma la corriente del inductor (19) en un valor de tensión que se define como valor (620) de la corriente del inductor. La figura 8 muestra el diagrama interno del bloque (16) transformador de corriente. El lado del primario del transformador es la bobina de calentamiento (19) y el lado del secundario es donde aparece la tensión transformada, en la resistencia R10. La relación de arrollamientos, 1:N, define la tensión de salida del transformador de corriente, V_{SALIDA} , como

$$V_{\text{SALIDA}} = R10 \cdot I_L / N$$

Donde I_L es la corriente que circula por la bobina de calentamiento (19).

Asimismo, utilizando D10 y C10, se guarda y se envía al microprocesador (18) el valor de pico de V_{SALIDA} y, por tanto, el valor de pico (610) de la corriente del inductor.

Los circuitos de protección (15) y el circuito (17) de detección de utensilio de cocina están diseñados para proteger al circuito de potencia (10) contra condiciones de peligro inesperadas, tales como un fallo del microprocesador (18).

El circuito (15) de protección analógico vigila el valor (620) de la corriente del inductor y la tensión de colector (510) del interruptor semiconductor. Cuando el valor (620) de la corriente del inductor supera el valor máximo permisible ($V_{\text{ref,corriente}}$), la salida de COMP1 toma el valor ALTO. Esta salida pone en conducción el transistor bipolar T3 (530); en consecuencia, engancha la salida de la señal (520) de paso discriminado en el estado bajo de forma que se inhabilite el inversor (10) de corriente. Por tanto, el circuito de potencia (10) y el IGBT están protegidos contra las sobreintensidades. También, envía un señal de alarma (570A) al microprocesador (18) para hacer que éste inhabilite las salidas (540) de paso discriminado de la circuitería digital (18). Similarmente, cuando la tensión (510) de colector del transistor se encuentra por encima de un valor predeterminado ($V_{\text{ref,tensión}}$) la salida de las señales (520) de paso discriminado es enganchada en un estado bajo a través de T3 (530), de modo que se eliminen las señales de paso discriminado falsas que puedan ser originadas por un fallo del microprocesador. Si llega un impulso (540) de paso discriminado en el instante en que la salida de COMP2 tiene un valor ALTO, esta señal de paso discriminado no puede poner en conducción el IGBT, porque la tensión de colector de T3 (530) ya ha establecido las señales (520) de paso discriminado en el estado BAJO, de forma que la etapa de potencia (10) y el IGBT puedan estar protegidos, pero la salida (570B) de la puerta lógica Y1 adoptará un estado ALTO, indicando una condición peligrosa. Así, el microprocesador (18) deja de generar impulsos (540) de paso discriminado.

Como las pérdidas fuera de conducción y en conducción del IGBT son inevitables, solamente podrían reducirse al mínimo las pérdidas en conducción. Para conseguir este objetivo, debe investigarse V_{CE} (510), ya que es el parámetro más importante que afecta al valor de las pérdidas fuera de conducción. Como puede verse en la figura 10a, después del instante en que es puesto fuera de conducción el transistor, V_{CE} (510) oscila a la frecuencia de resonancia de la bobina de calentamiento (19) y el condensador resonante, C_{RES} . Así, el mínimo de V_{CE} (510) siempre ocurre en el mismo instante después de la puesta fuera de conducción para la misma carga, bobina de calentamiento (19), y C_{RES} .

La duración del período de fuera de conducción es constante durante un semiciclo de corriente alterna y está relacionada directamente con la frecuencia de resonancia del inversor de potencia (10). Pero, debido a las variaciones de carga, la frecuencia de resonancia puede variar. Para compensar estas variaciones, la corriente del inductor (19) es vigilada por el transformador de corriente (16), que se utiliza también como protección contra sobreintensidades. Teóricamente, la tensión mínima V_{CE} (510) ocurre en el paso por cero de la corriente del inductor (19). Las figuras 11a y 11b muestran las formas de onda típicas de la corriente del inductor (19) y V_{CE} (510), respectivamente. Así, observando el valor (620) de la corriente del inductor, podrían conseguirse las duraciones de los períodos fuera de conducción con pérdidas de potencia mínimas. El valor (620) de la corriente del inductor vigilada es invertido mediante un amplificador inversor (22) y es alimentado al microprocesador como salida (560) del detector de paso por cero. El microprocesador (18) actualiza la duración de las señales de fuera de conducción cada 10 milisegundos (290) vigilando esta señal. El microprocesador (18) calcula el tiempo transcurrido entre el instante de puesta fuera de conducción de las señales (140) de paso discriminado y el borde descendente de la salida (560) del detector (22) de paso por cero. La figura 11d muestra la salida (560) del detector (22) de paso por cero.

El sistema incluye, además, un circuito, denominado circuito (17) de detección de utensilio de cocina, para detectar si sobre la placa de cocina se ha colocado un utensilio de cocina (20) adecuado. Este circuito (17) vigila la señal (500) de tensión de enlace de corriente continua. De acuerdo con la señal vigilada, el circuito (17) de detección de utensilio de cocina decide si sobre la placa de cocina hay o no un utensilio de cocina (20) adecuado. Si no está presente un utensilio de cocina adecuado, este circuito (17) envía una señal de alarma (590) al microprocesador (18) para hacer que éste inhabilite el funcionamiento del inversor de potencia (10) durante un tiempo predeterminado.

Si sobre la placa de cocina no está presente un utensilio de cocina adecuado, no se producirá transmisión de energía alguna desde la etapa de potencia (10) al utensilio de cocina (20). La detección de la presencia de un utensilio de cocina (20) se basa en el cambio de la forma de onda de la tensión (500) de enlace de corriente continua. En la figura 13a se representa gráficamente esta tensión (500) en el caso de que haya un utensilio de cocina (20) adecuado.

5 Cuando no hay utensilio de cocina adecuado, la forma de onda (500) pasa a ser la señal de la figura 14a. Como no se produce transmisión de energía cuando no está presente un utensilio de cocina adecuado, la energía se almacenará en el condensador C1 de derivación de alta frecuencia. Por tanto, la presencia del utensilio de cocina (20) puede detectarse evaluando esta forma de onda (500). El detector (23) de paso por cero de 50Hz produce una señal de valor ALTO (580) durante el paso por cero de la señal (500) de enlace de corriente continua durante un período de, aproximadamente,

10 400 microsegundos. Esta salida (580) es alimentada también al microprocesador (18) G para detectar el instante en que se produce el pico de la tensión de enlace de corriente continua. La tensión (500) de enlace de corriente continua es vigilada con un divisor por resistencia por la entrada inversora del comparador COMP3 de la figura 12. El valor de la entrada no inversora, a saber, el valor de referencia, es una pequeña fracción del valor de pico de la tensión (500) de enlace de corriente continua. De este modo, cuando la tensión (500) de enlace de corriente continua caiga por debajo

15 de un cierto valor, la salida del comparador (580) pasará a un estado ALTO, como se ve en la figura 13b.

Como se ve en la figura 14b, no se produce paso por cero cuando no hay un utensilio de cocina adecuado. Así, el circuito (23) detector de paso por cero de 50 Hz no producirá una salida de señal de valor ALTO cuando no existe utensilio de cocina adecuado. El circuito (17) de detección de utensilio de cocina observa estas salidas y, si

20 el detector (23) de paso por cero de 50 Hz no genera una salida (580) de señal de valor ALTO durante un período de 400 milisegundos, envía una señal (590) de inhabilitar al microprocesador (18) para detener el funcionamiento de la etapa de potencia (10). 3 segundos después de haberse inhabilitado el funcionamiento, el circuito (17) vuelve a poner en marcha el sistema para detectar si el usuario ha colocado un utensilio de cocina (20) adecuado sobre la placa de cocina. Luego, observa la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz durante 400 milisegundos e

25 inhabilita el sistema o se mantiene a la espera, de acuerdo con el valor de esta señal, es decir, de la presencia de un utensilio de cocina (20).

En la figura 13, la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz alimenta la entrada de la puerta NO-Y A. La salida de la puerta NO-Y A carga el condensador C23 y, si su entrada tiene valor BAJO, ello quiere decir que no

30 se producen pasos por cero. El tiempo transcurrido para cargar C23 hasta un valor que haga que la salida de la puerta NO-Y B adopte un estado BAJO es de, aproximadamente, 400 milisegundos. Si no se produce paso por cero, entonces C23 se carga hasta el valor de umbral, la salida de la puerta NO-Y B toma el valor BAJO y la salida (590) de la puerta NO-Y C toma el valor ALTO, que es conectado al microprocesador (18).

La figura 15 ilustra el diagrama de circuito del bloque (21) convertidor de temperatura en tensión. Una termistancia de coeficiente negativo con la temperatura (NTC) está situada debajo de la placa superior de la placa de cocina y percibe la temperatura del utensilio de cocina (20). La termistancia NTC y R11 forman un divisor por resistencia y la tensión en el nodo (600) cambia a medida que cambia la temperatura. Así, observando la tensión en el nodo (600), el microprocesador podría adquirir la temperatura del utensilio de cocina (20).

40

El invento contiene un activador (11) de electrodo de mando con una sola salida en contrafase de terminación única diseñada para la activación directa de los IGBT. Este bloque es necesario porque los impulsos (540) de paso discriminado del microprocesador (18) están entre 0 y 5 V, pero el IGBT requiere entre 0 y 15 V para tener un mejor comportamiento. Cuando llegue una señal (540) de paso discriminado para puesta en conducción desde el

45 microprocesador (18), el transistor inferior T1 será puesto fuera de conducción y el transistor superior T2 será puesto en conducción. Por tanto, llegará una señal de 15 voltios al electrodo de mando del IGBT a través del nodo (520) y el transistor superior, T2. Cuando llega una señal (540) de paso discriminado para puesta fuera de conducción desde el microprocesador (18), el transistor inferior T1 será puesto en conducción y el transistor superior T2 será puesto fuera de conducción. Por tanto, el electrodo de mando del IGBT será puesto a tierra a través del nodo (520)

50 y el transistor inferior T1. A través del nodo (530), la salida del activador de electrodo de mando podría ser puesta a tierra por los circuitos de protección (15), independientemente de la señal de paso discriminado recibida desde el microprocesador (18). Esto impide que las falsas señales (540) de paso discriminado provocadas por fallos del microprocesador, destruyan el transistor de potencia.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de cocina de inducción, que comprende:

un circuito (10) inversor de potencia que toma de la red esencialmente una corriente de factor de potencia unitario, que tiene una bobina (19) de calentamiento por inducción que genera un campo magnético de alta frecuencia que se induce sobre un utensilio de cocina magnético (20) retirable o no retirable, un condensador resonante en paralelo con dicha bobina (19) de calentamiento, un IGBT como elemento de interrupción y un diodo de potencia (D_p) dispuesto en antiparalelo con dicho IGBT;

un microprocesador (18) que toma la temperatura deseada del utensilio de cocina o el nivel de potencia deseado del aparato de cocina a partir de un panel de control, que controla la potencia transmitida a dicho utensilio de cocina (20) ajustando la duración de puesta en conducción de impulsos (520, 540) de paso discriminado, que controla la temperatura del citado utensilio de cocina (20) interrumpiendo el funcionamiento del sistema cuando la temperatura del citado utensilio de cocina (20) llega al valor deseado o volviendo a poner en marcha el sistema, después de esperar durante un período prefijado, tras haber sido interrumpido dicho funcionamiento, que ajusta la duración de los períodos fuera de conducción de los impulsos de paso discriminado observando los instantes de paso por cero de la corriente que circula por la bobina de calentamiento gracias a medios (22) detectores del paso por cero, e interrumpiendo el funcionamiento de la etapa de potencia (10) durante un período de tiempo prefijado cuando se recibe una señal de aviso (570A, 570B, 590) procedente de un circuito (17) de detección de utensilio de cocina o de un bloque (15) de circuitos de protección;

un circuito (17) de detección de utensilio de cocina que detecta si hay un utensilio de cocina (20) adecuado colocado sobre la placa de cocina observando la tensión (500) de enlace de corriente continua y que comprende medios detectores (23) de paso por cero de 50 Hz para detectar pasos por cero de la señal de tensión (V_{ac}) de entrada de corriente alterna;

un bloque de circuitos (15) de protección analógicos que protegen la etapa de potencia (10) contra sobreintensidades observando la corriente que circula por la bobina de calentamiento (19) y contra señales inapropiadas de paso discriminado observando la tensión de colector del IGBT (510) y, al mismo tiempo, las señales de paso discriminado (540).

2. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho microprocesador (18):

en un modo de potencia, adquiere la entrada de potencia a partir del panel de usuario, asigna la temperatura deseada del utensilio de cocina (20) al valor prefijado de temperatura máxima permisible del utensilio de cocina (20), y hace funcionar el inversor de potencia (10) a la entrada de potencia seleccionada;

en un modo de temperatura, adquiere la entrada de temperatura a partir del panel de usuario, hace funcionar el inversor de potencia (10) al nivel de potencia máxima, detiene el funcionamiento del sistema cuando la temperatura del utensilio de cocina (20) llega al valor deseado, y vuelve a poner en marcha el sistema después de esperar un tiempo prefijado.

3. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho microprocesador (18):

comienza a activar la etapa de potencia (10) con el nivel de potencia mínimo del dispositivo de cocina, compara el presente nivel de potencia con el nivel de potencia que el usuario ha introducido a través del panel de control, aumenta o reduce el presente nivel de potencia hasta igualar ambos niveles;

genera impulsos (540) de paso discriminado que tienen duraciones de puesta en conducción correspondientes al nivel de potencia en ese instante;

compara el valor de pico (610) de la corriente del inductor con el valor esperado e interrumpe el funcionamiento del sistema durante 3 segundos si no se encuentra dentro de una banda de $\pm 20\%$ en torno al valor esperado.

4. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho microprocesador (18):

observa primero la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz y espera 5 milisegundos, cuando la salida (580) tiene un valor ALTO;

calcula el tiempo transcurrido entre el instante de puesta fuera de conducción del impulso (540) de paso discriminado corriente y el instante en que la salida (560) del detector (22) de paso por cero cambia su estado, de ALTO a BAJO;

utiliza el tiempo calculado como duración del período de puesta fuera de conducción de las señales (540) de paso discriminado, hasta el siguiente cálculo.

ES 2 279 950 T3

5. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho microprocesador (18):

observa la salida (590) del circuito (17) de detección de utensilio de cocina y la salida (570A, 570B) del bloque (15) de circuitos de protección;

interrumpe las señales (540) de paso discriminado durante 3 segundos y vuelve a poner en marcha el sistema, después de haber transcurrido este período, si cualquiera de estas salidas (570A, 570B, 590) tiene valor ALTO.

6. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho circuito (17) de detección de utensilio de cocina:

comprende medios (23) detectores de paso por cero de 50 Hz que comparan la tensión (500) de enlace de corriente continua con un valor de referencia mediante COMP3 y que producen una salida (580) con valor ALTO si la tensión (500) de enlace de corriente continua es inferior a esta referencia, produciendo de otro modo una salida (580) con valor BAJO;

observa la inversa de esta salida (580) a través de una puerta NO-Y A;

si la salida (580) del detector (23) de paso por cero de 50 Hz tiene valor BAJO, carga el condensador (C23) con la salida de la puerta NO-Y A a través de R56 (con una constante de tiempo de $R56 \cdot C23$) y, de otro modo, lo descarga a través de (R55/R56) (con una constante de tiempo de $(R55/R56) \cdot C23$);

envía una señal con valor ALTO al microprocesador (18) si C23 se carga hasta un valor superior al umbral de entrada de la puerta NO-Y B, o con valor BAJO si no es así;

carga el condensador (C22) con la salida de la puerta NO-Y C a través de R59 y R52 (con una constante de tiempo de $(R52+R59) \cdot C22$) si la salida (590) del circuito (17) de detección de utensilio de cocina tiene valor ALTO y, si no es así, lo descarga a través de R59 (con una constante de tiempo de $R59 \cdot C22$);

descarga C23 a través de R58 haciendo que la salida de COMP4 tome el valor BAJO, si C22 se ha cargado por encima de un valor de referencia prefijado en un período de duración determinada por la constante de tiempo de $(R52+R59) \cdot C22$, y no lo descarga si no es así;

repone la salida de NO-Y C al estado BAJO cuando C23 es descargado a un valor inferior al de umbral de entrada de NO-Y B.

7. Un aparato de cocina de inducción según la reivindicación 1, en el que dicho bloque (15) de circuitos de protección:

comprende medios (22) detectores de paso por cero que invierten el valor (620) de la corriente del inductor recibida del bloque (16) transformador de corriente y que la envían al microprocesador (18) como salida (560);

comprende un comparador (COMP1) que compara dicho valor (620) de la corriente de inductor con un valor de referencia ($V_{ref, corriente}$) que corresponde al máximo valor permisible de la corriente, envía una señal (570A) con valor ALTO al microprocesador (18) si dicho valor (620) de la corriente del inductor es superior a $V_{ref, corriente}$, o una señal (570A) con valor BAJO en caso contrario;

pone en conducción BJT (T3) y establece señales (520) de paso discriminado al valor BAJO a través del nodo 530, si la salida de COMP1 tiene valor ALTO, no interviniendo sobre los impulsos de paso discriminado en caso contrario;

comprende un comparador (COMP2) que compara la tensión de colector del IGBT (510) con un valor de referencia que corresponde al máximo valor permisible (510) de la tensión de colector antes de la puesta en conducción del IGBT; produciendo una salida con valor ALTO si la tensión (510) de colector es superior al valor de referencia, o con valor BAJO en caso contrario;

envía una señal (570B) con valor ALTO al microprocesador (18) si la salida de COMP2 tiene valor ALTO y la salida (540) de paso discriminado tiene, al mismo tiempo, valor ALTO, o con valor BAJO de no ser así;

pone en conducción BJT (T3) y establece señales de paso discriminado (520) con valor BAJO a través del nodo 530 si la salida del COMP2 tiene valor ALTO, no interviniendo sobre los impulsos de paso discriminado de no ser así.

Figura 1

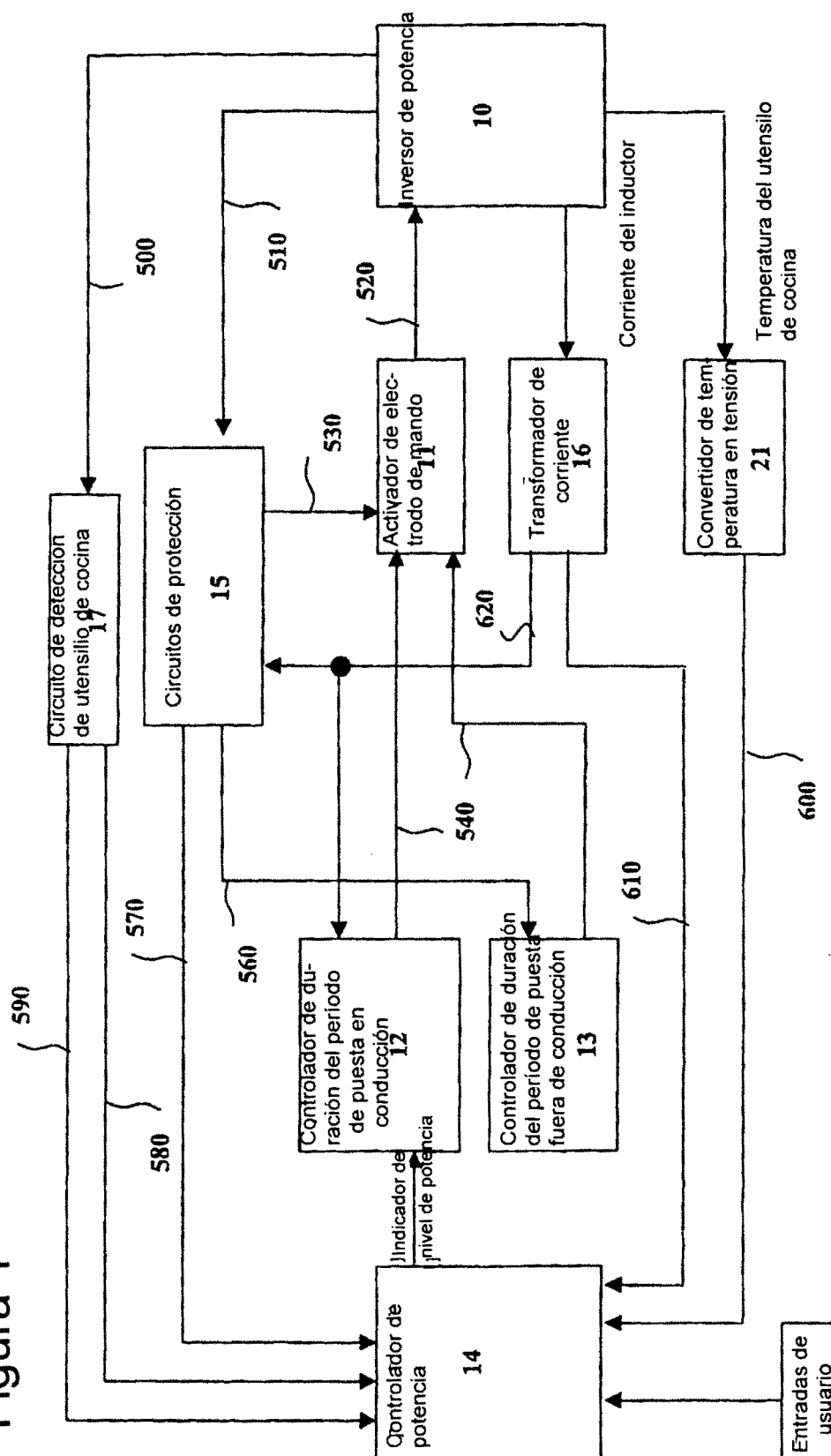


Figura 2

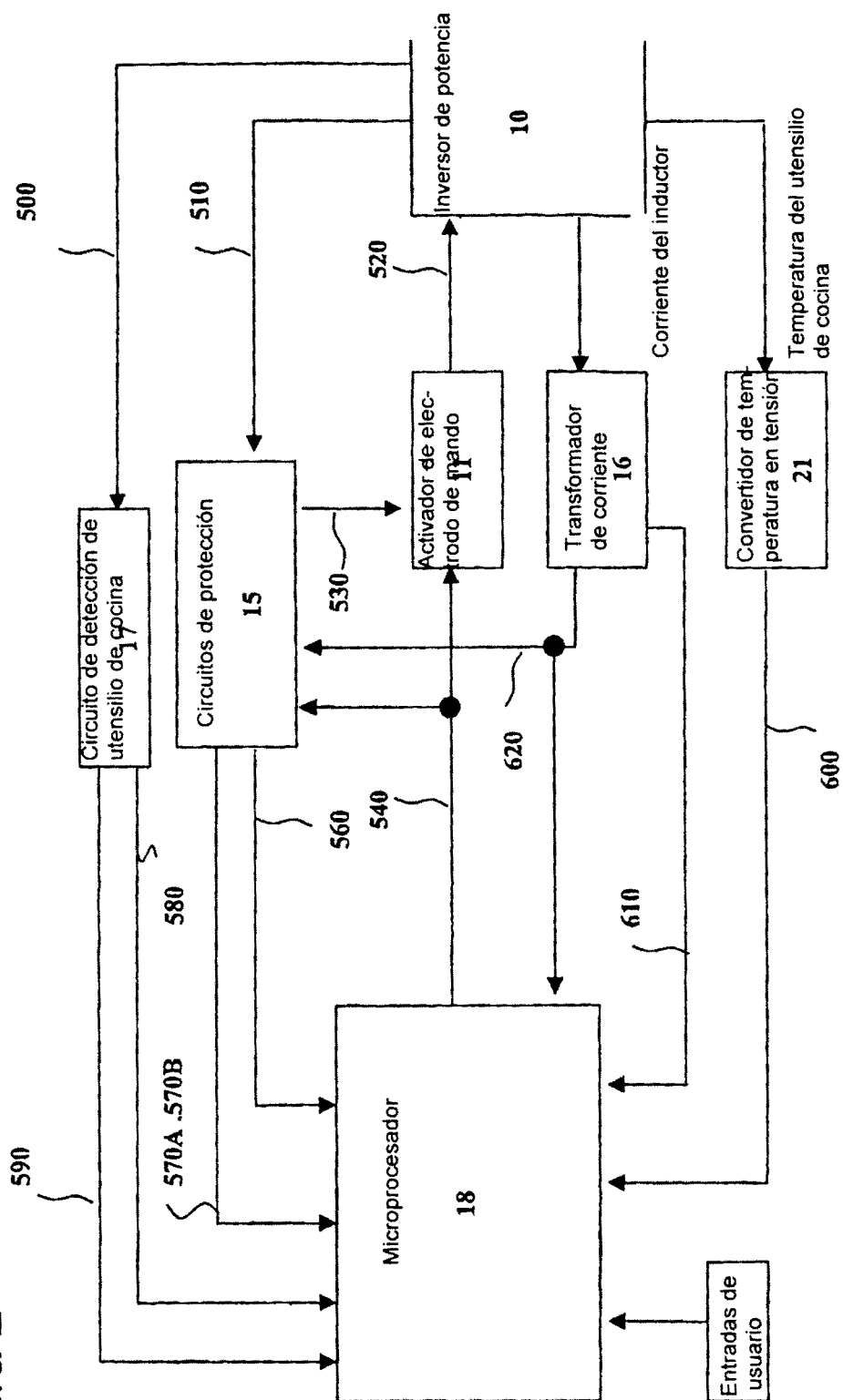


Figura 3

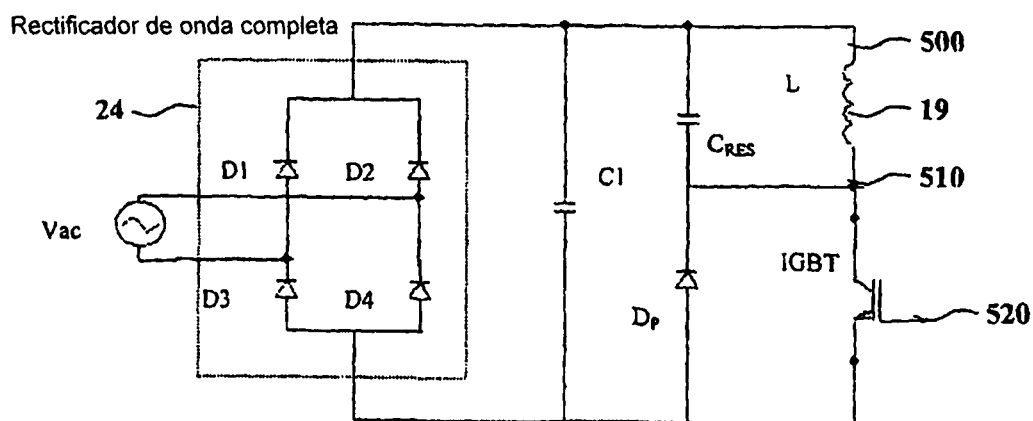


Figura 4

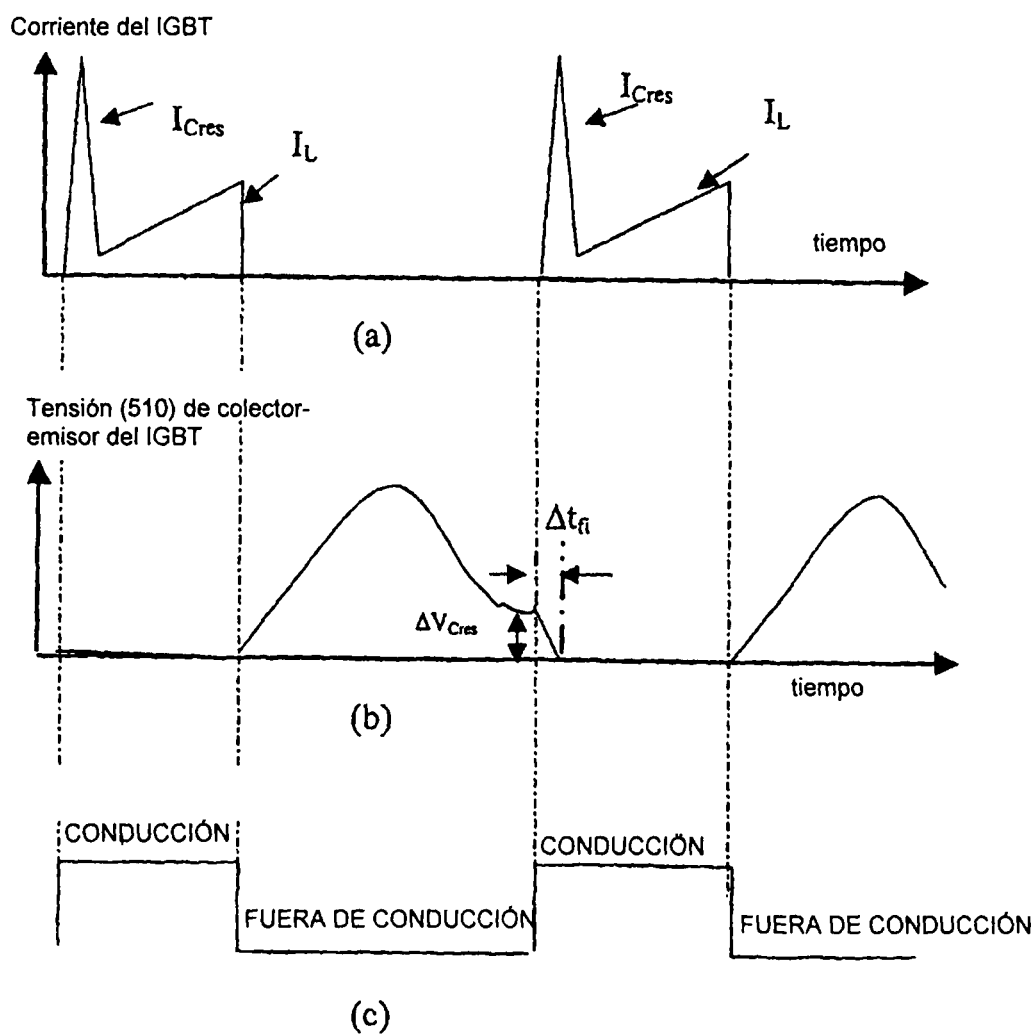


Figura 5

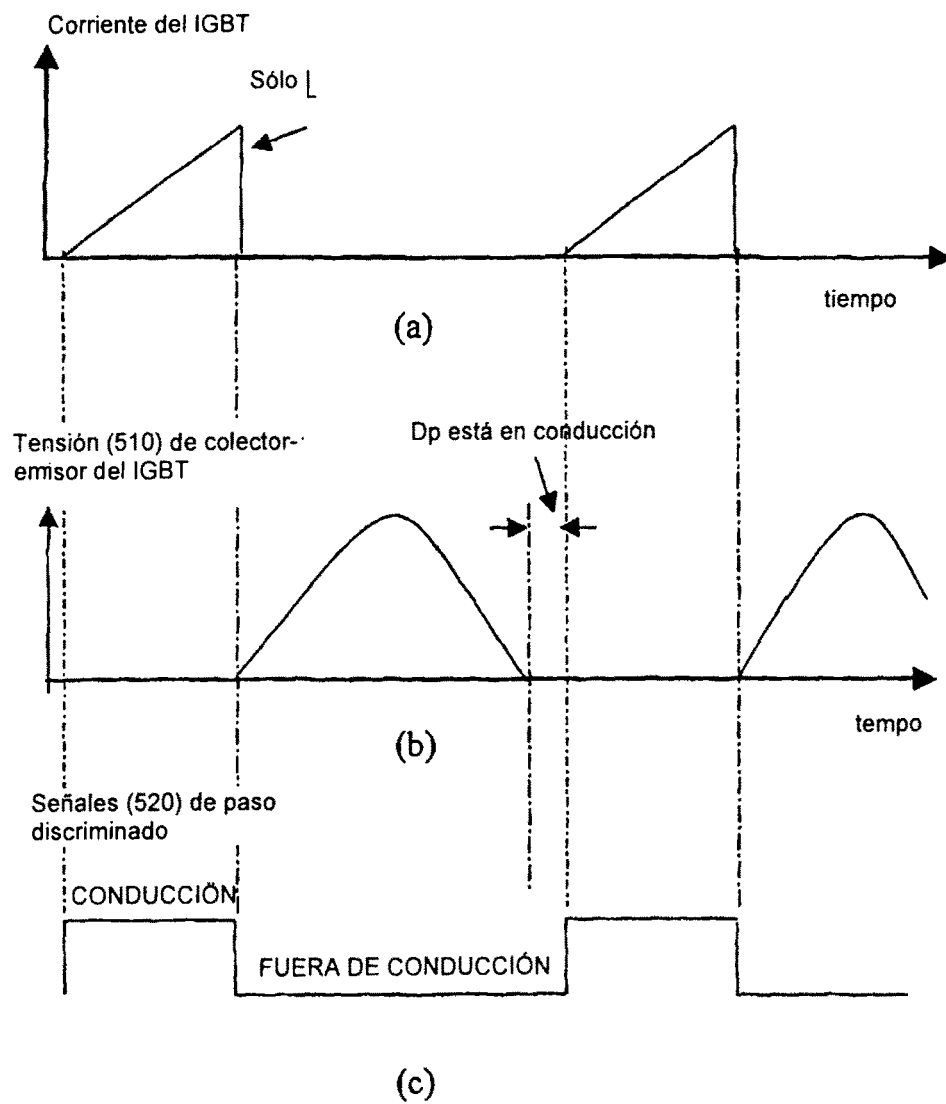


Figura 6a

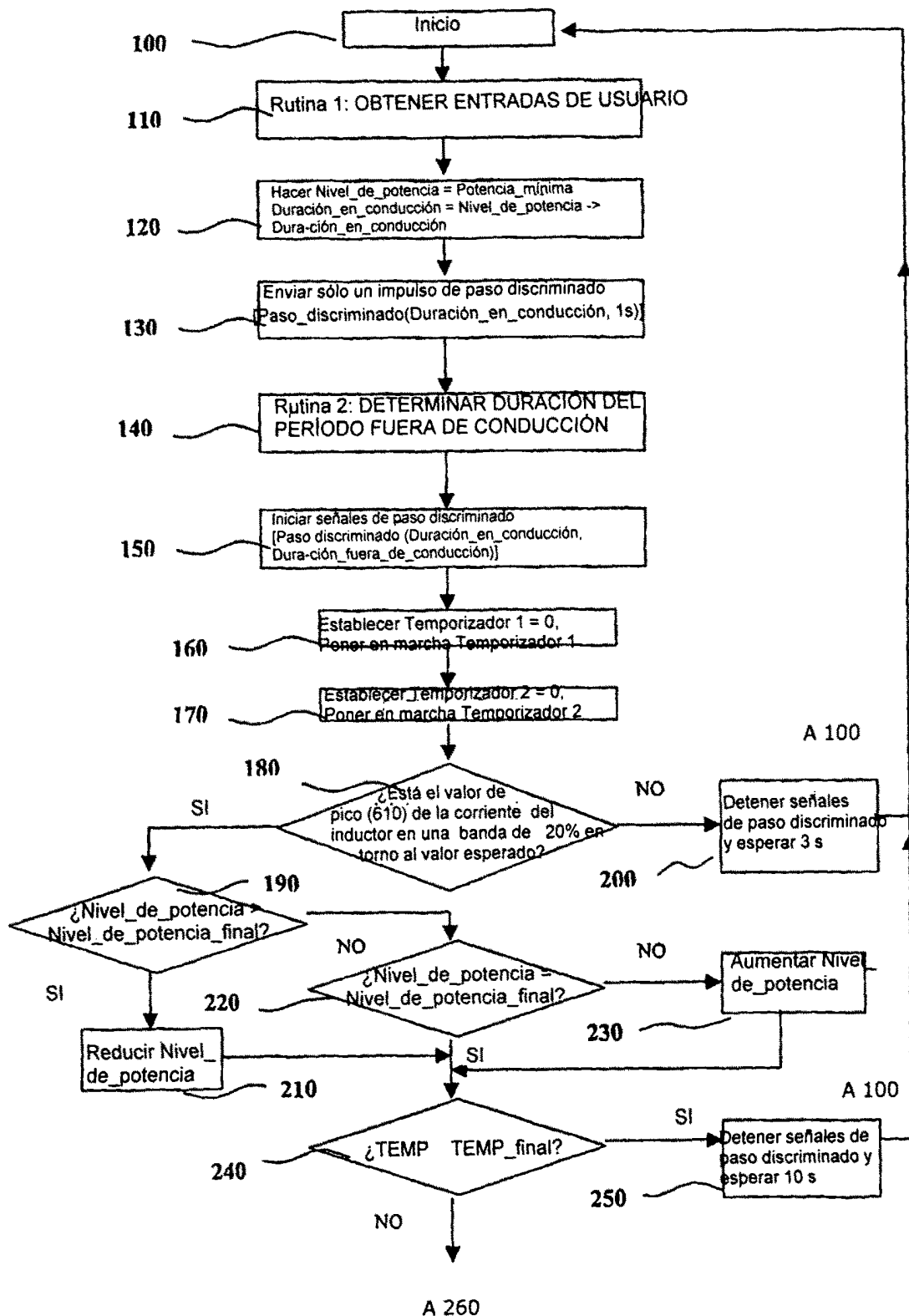


Figura 6b

(Continuación)

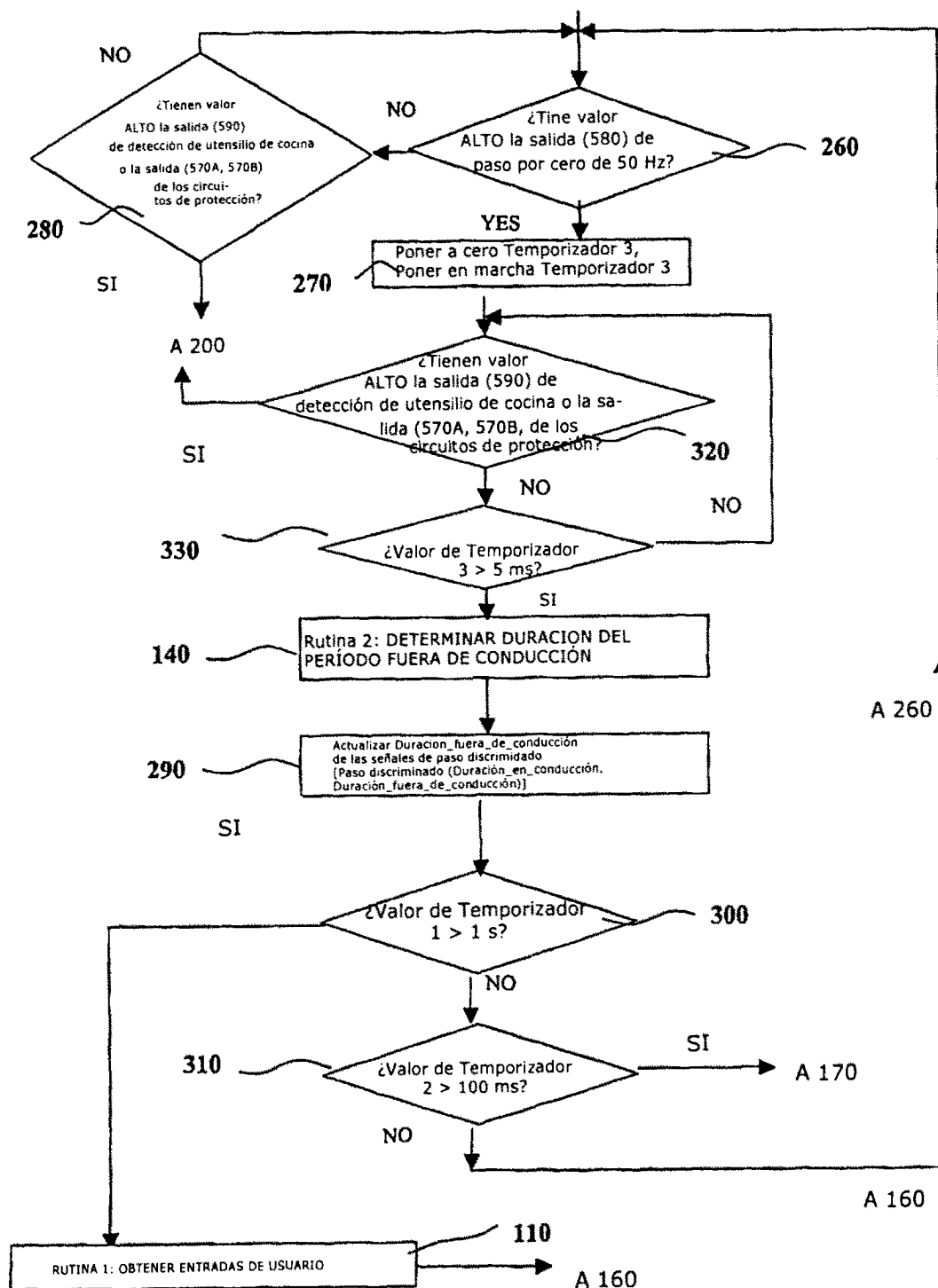


Figura 7a

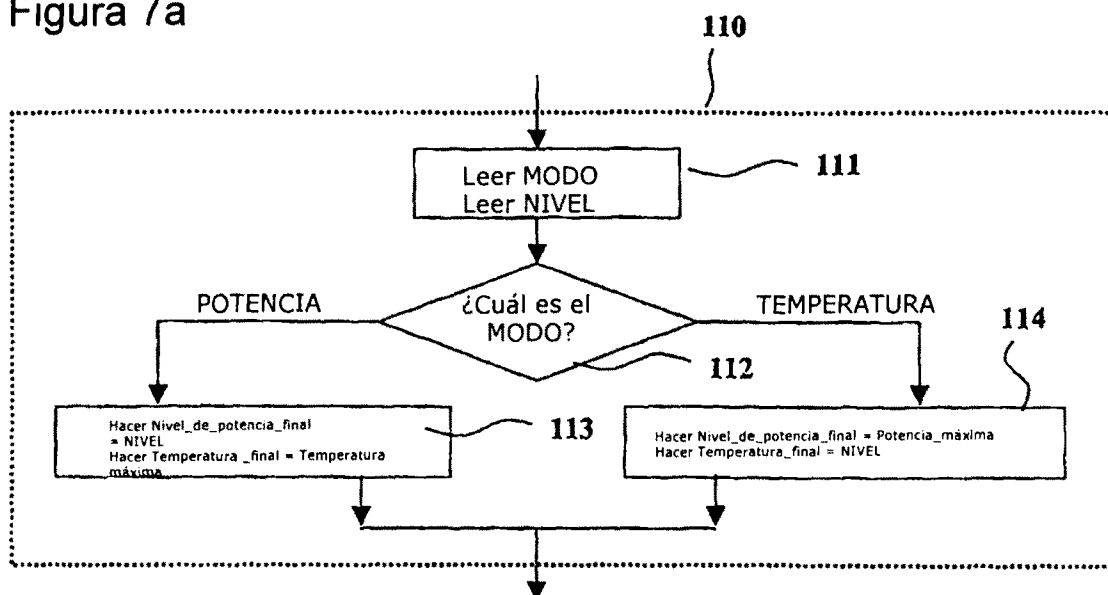


Figura 7b

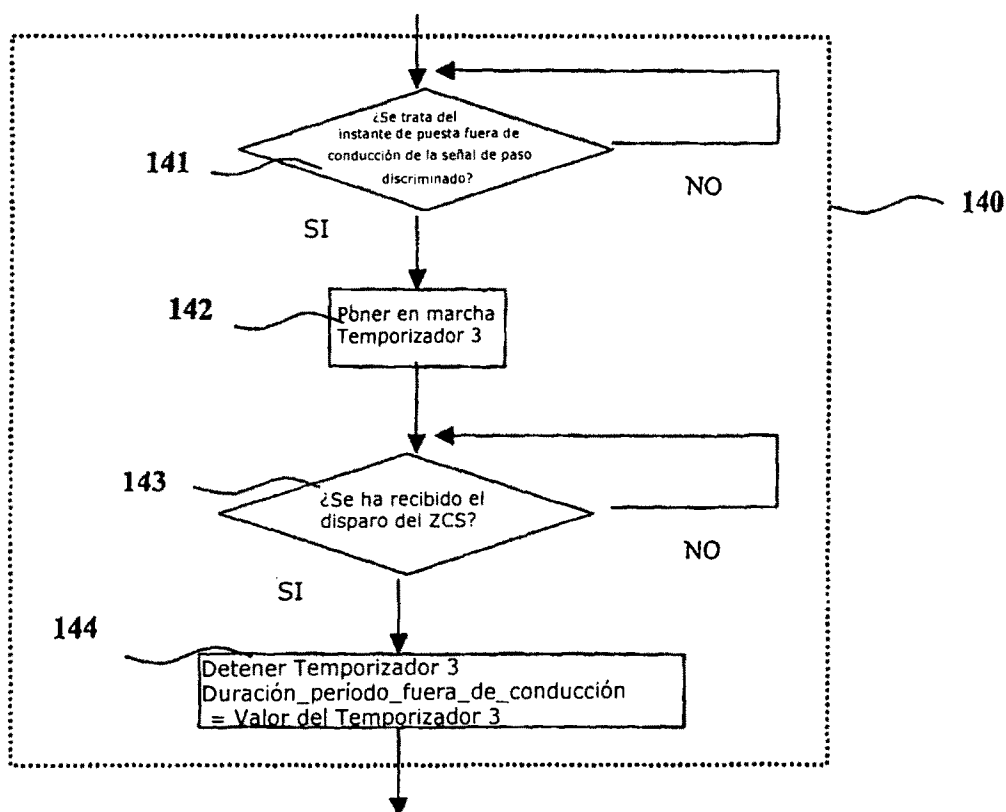


Figura 8

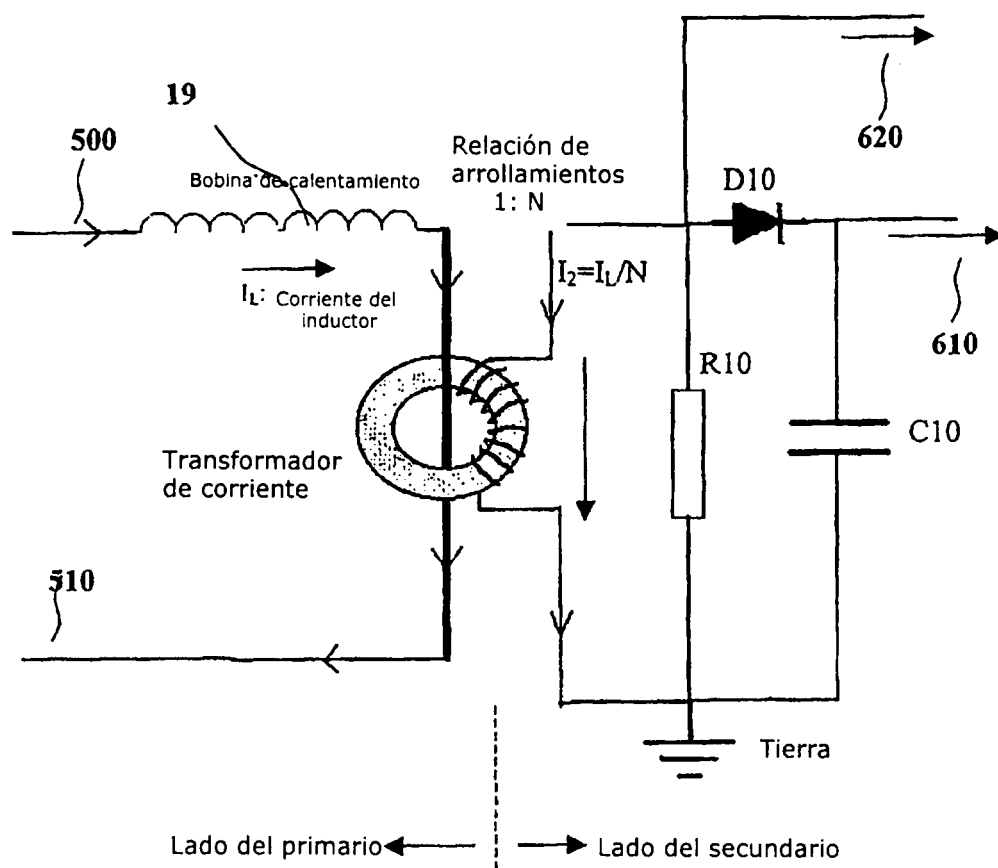


Figura 9

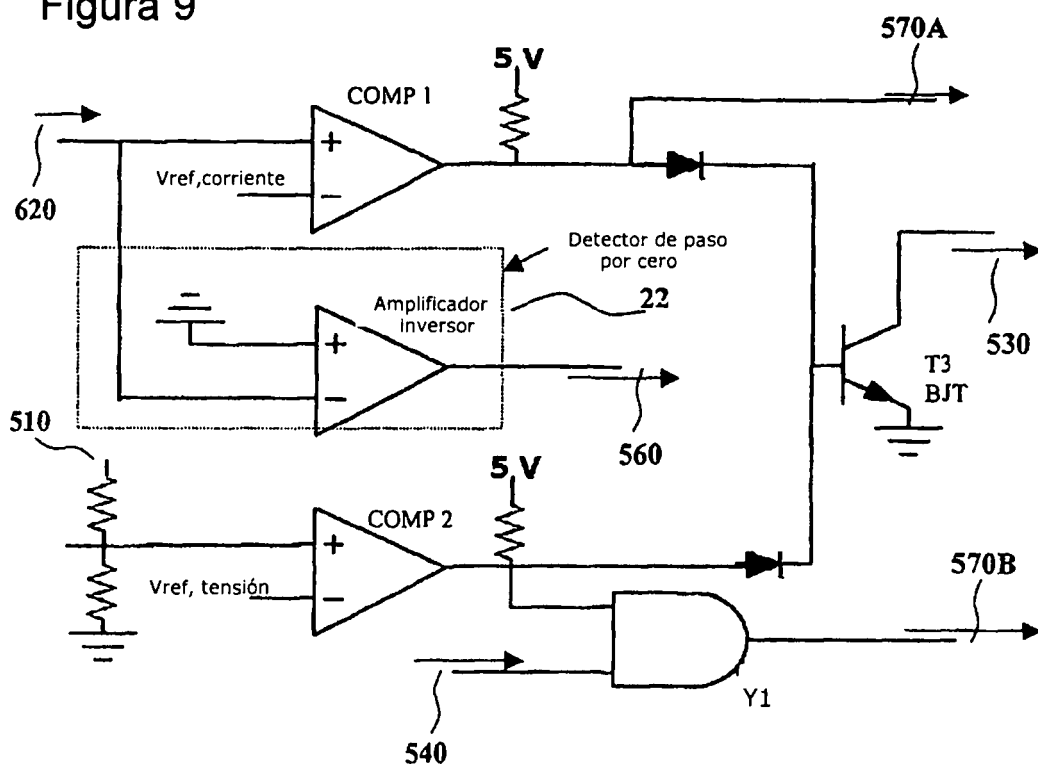


Figura 10

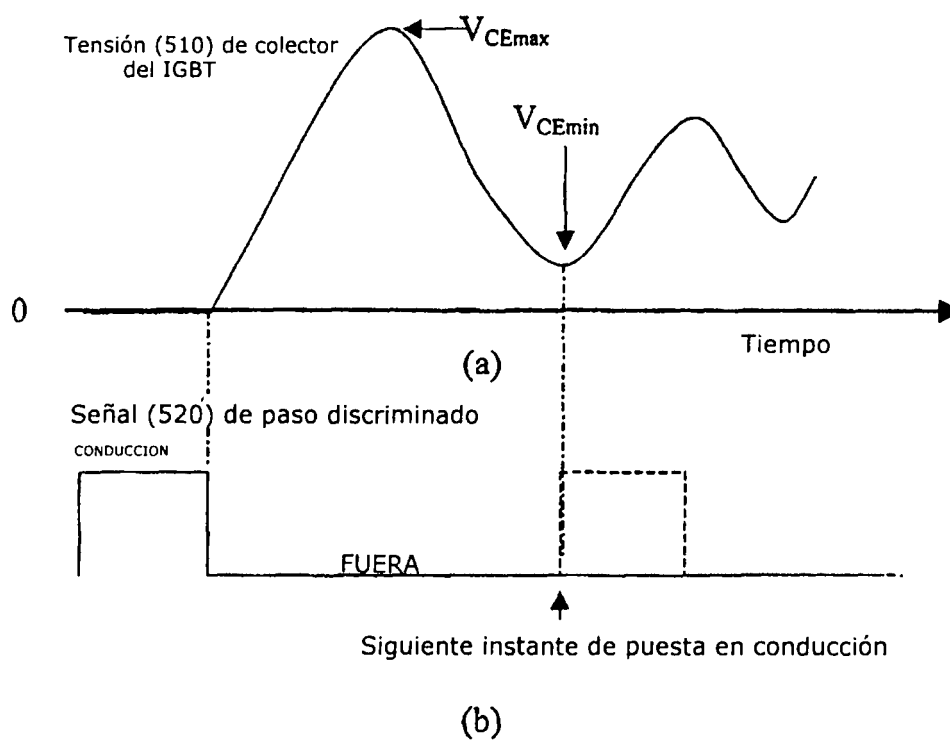


Figura 11

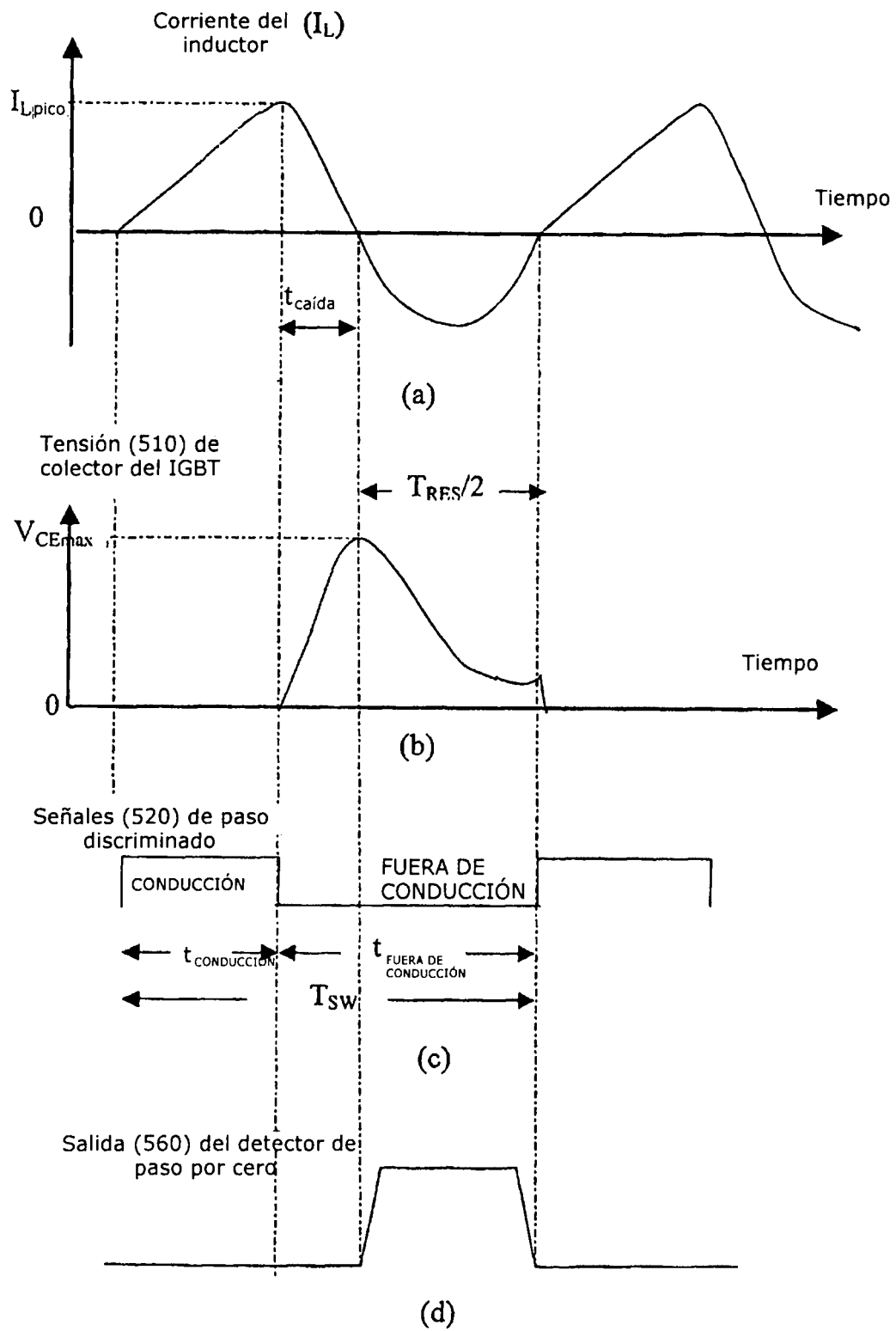


Figura 12

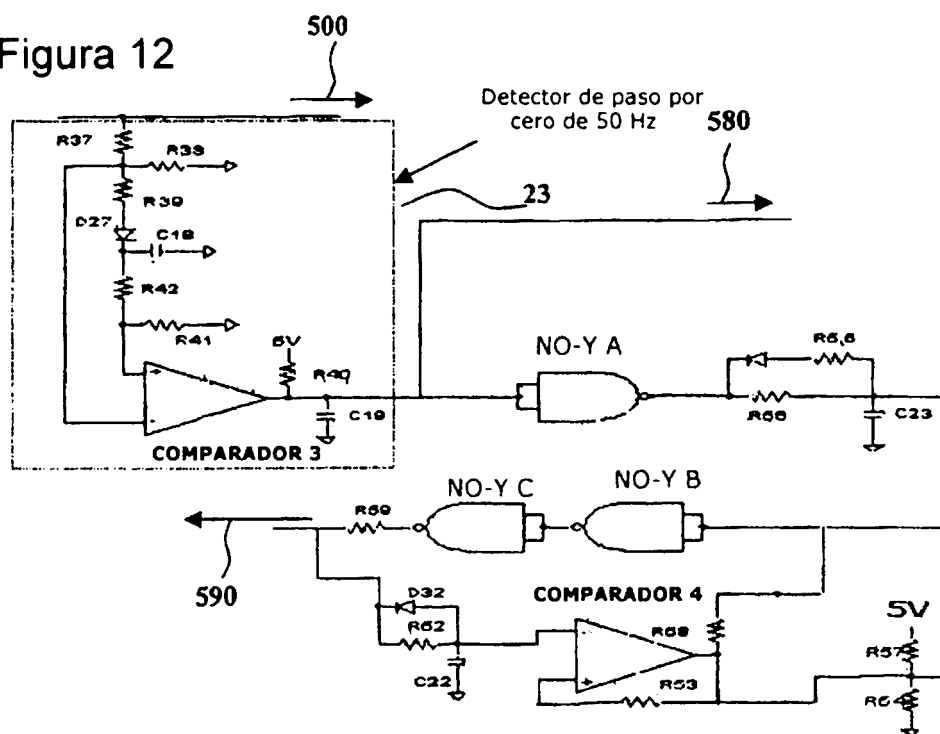


Figura 13

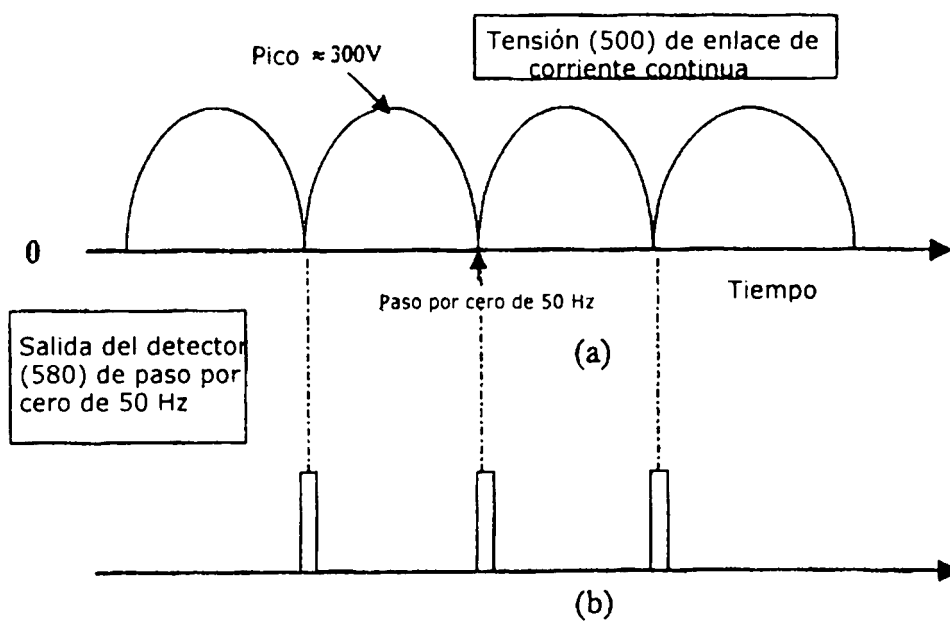


Figura 14

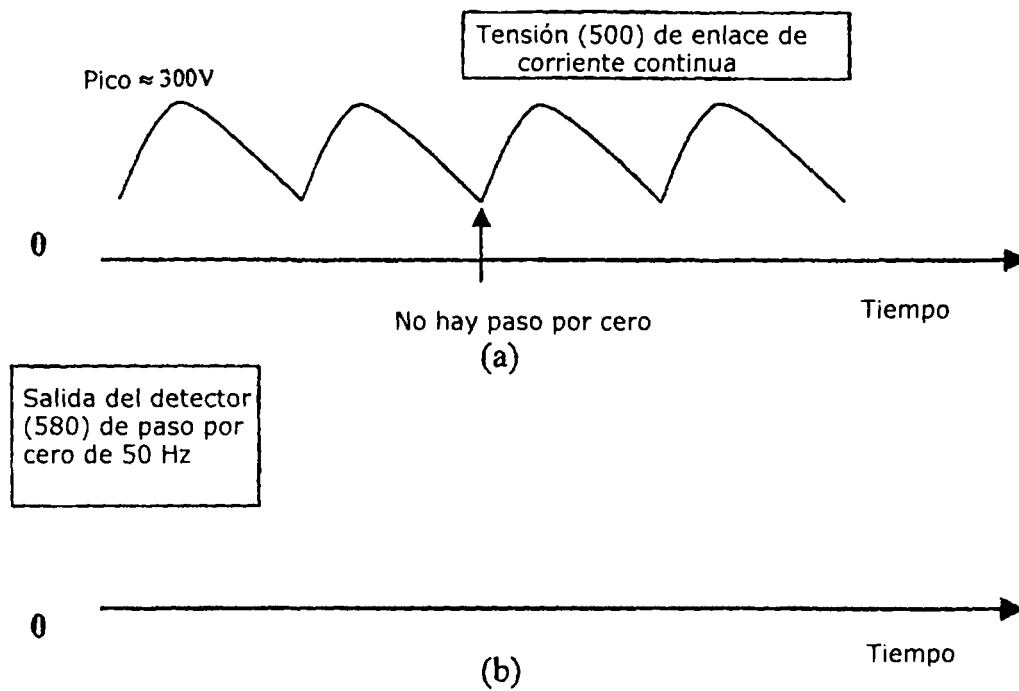


Figura 15

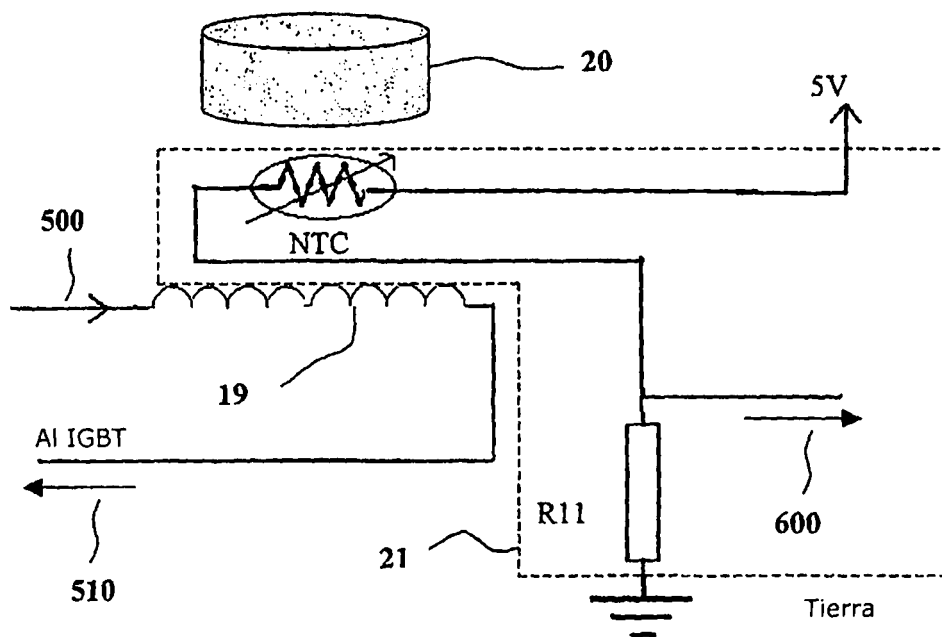


Figura 16

