

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 533**

51 Int. Cl.:

G01R 31/04 (2006.01)

G01R 31/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2009** **E 09802177 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013** **EP 2359153**

54 Título: **Dispositivo de prueba de un circuito y procedimiento de puesta en práctica**

30 Prioridad:

17.12.2008 FR 0858735

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.01.2014

73 Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND
SPACE COMPANY EADS FRANCE (100.0%)
37, Boulevard de Montmorency
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MOREAU, KATELL y
GRIEU, MARC**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 436 533 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

Dispositivo de prueba de un circuito y procedimiento de puesta en práctica

5 La presente invención concierne a un dispositivo de prueba de un circuito electrónico y al procedimiento para su puesta en práctica. Trata de un dispositivo de detección de fisuras en uniones de soldadura que realizan el ensamble de componentes electrónicos sobre un circuito impreso. La invención concierne asimismo al procedimiento de funcionamiento de este dispositivo. La invención tiene por finalidad permitir que un usuario cualifique un circuito de este tipo, es decir, que detecte de manera rápida y simple fisuras incipientes que se encuentren en uniones de soldadura de componentes electrónicos ensamblados sobre un circuito impreso.

10 En el estado de la técnica, los componentes electrónicos pueden experimentar tensiones ambientales y mecánicas, constantes o cíclicas, muy fuertes, como por ejemplo en medios de transporte del tipo avión, tren o barco. En los citados medios de transporte, las temperaturas pueden variar de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, el porcentaje de humedad relativa de un armario en el que están situados estos componentes electrónicos puede alcanzar aproximadamente el 80 %.

15 Por lo tanto, es importante, por razones de seguridad de funcionamiento, verificar que el ensamble de los componentes electrónicos ensamblados sobre un circuito impreso soporta tales tensiones. Para ello, generalmente se utilizan bancos de pruebas para detectar eventuales fisuras incipientes en las uniones de soldadura que se encargan de la conexión eléctrica y de la unión mecánica entre el componente y el circuito impreso. Estos bancos de pruebas se utilizan en ensayos de envejecimiento acelerado termomecánico o vibratorio. Para realizar los ensayos de envejecimiento acelerado termomecánico o vibratorio se utilizan componentes ficticios (es decir, sólo las cajas con chips ficticios), pues en este caso sólo se someten a prueba las uniones de soldadura. Se designa con «cadena daisy» (cadena en margarita) la asociación de un cierto número de uniones de soldadura, unidas eléctricamente entre sí, en serie, de un mismo componente. El conjunto conforma una resistencia eléctrica global medible. La utilización de los componentes ficticios daisy encadenados permite al usuario concentrar su estudio en los fallos que intervienen en las uniones de soldadura. Esta técnica permite asociar una medida resistiva con un estado de daño de las uniones soldadas.

25 Para cualificar un circuito, se mide el tiempo de fallo de sus uniones de soldadura y, por tanto, la vida útil de su ensamble. A continuación, se deduce una fiabilidad del ensamble que se deriva de un estudio estadístico. En otras palabras, es necesario someter a prueba numerosos componentes de un mismo tipo para contar con resultados significativos. Por lo tanto, es importante disponer de un dispositivo que incluya un importante número de canales de medición para poder seguir, simultáneamente, un gran número de componentes.

30 Actualmente existen diferentes dispositivos que permiten efectuar estas pruebas. Un ejemplo de tal dispositivo se encuentra descrito en el documento «ROHS/ELV recycling constraints: a lead Free electronics qualification procedure for automotive and industrial quality and reliability» (Philippe Prieur et al., 4th International Electronics Conference, 26 de abril de 2006, Malmo, Suecia). Este documento presenta un banco de pruebas que realiza un seguimiento eléctrico en paralelo de los diferentes componentes sometidos a prueba.

35 Otro ejemplo de dispositivo se describe en el documento «Application of FPGA units in combined temperature cycle and vibration reliability tests of lead free interconnections» (Przemyslaw Matkowski et al., 2nd Electronics Systemintegration Technology Conference, IEEE, Piscataway, NJ, Estados Unidos, 1 de septiembre de 2008, páginas 1375-1380). Este documento presenta un dispositivo de adquisición, que supervisa un conjunto de canales en paralelo.

40 La técnica anterior conoce asimismo, por la solicitud de patente estadounidense n.º US 2007/199386, un dispositivo de medida de la resistencia.

45 No obstante, con los dispositivos presentados en la técnica anterior, una fisura o un fallo son detectados tan sólo cuando hay una ruptura total de la unión de soldadura. Además, es necesario duplicar el dispositivo de prueba en su totalidad, por cada placa electrónica sometida a prueba y cambiar el dispositivo para cada ensayo realizado. En efecto, el dispositivo de prueba va embarcado en la placa electrónica que se va a someter a prueba y experimenta las mismas tensiones termomecánicas o vibratorias que los componentes electrónicos bajo prueba. Esta duplicación origina un sobrecoste bastante notable, por los riesgos de medidas no pertinentes y por el deterioro precoz del circuito que realiza las medidas.

50 Adicionalmente, otro inconveniente de la técnica anterior es la detección tardía de eventos de cambio de estado, o picos (variación fuerte del valor resistivo en un tiempo muy corto) de la resistencia eléctrica de un cierto número de uniones de soldadura unidas eléctricamente entre sí, en serie, de un mismo componente (una cadena daisy). Además, tales dispositivos de la técnica anterior precisan de muchos recursos en cuanto a energía eléctrica para alimentar al mismo tiempo varios circuitos lógicos programables.

55 Los dispositivos conocidos aplican la norma IPC-SM-785 o no detectan más que los primeros picos de resistencia eléctrica también denominados evento. Ahora bien, esta norma, por sí sola, está mal adaptada en algunos casos a la detección de los fallos, ya que como criterio de fallo adopta sucesiones temporales de picos que se ajustan a un modelo temporal y resistivo dado. Ahora bien, este modelo o protocolo puede conducir a conclusiones desacertadas.

- 5 Típicamente, es una conclusión desacertada el no detectar la ruptura de un circuito sometido a prueba porque se aplica estrictamente el anterior modelo. Como consecuencia de ello, se dará por destruido un circuito al cabo de N ciclos, mientras que en la práctica quedará defectuoso mucho antes. Para solucionar este problema, en la invención, más que seguir imperativamente los criterios (patrones temporales y/o resistivos o protocolos) de la norma, se ha previsto modificar estos criterios preferentemente de una manera cuantificada, para adaptarse así a los diferentes tipos de ensayos y mecanismos de degradación de las uniones soldadas asociadas. En definitiva, con la invención, cada criterio programado está adaptado a los ensayos que han de realizarse.
- 10 La invención soluciona así este problema proponiendo un dispositivo de detección de fisuras o fallos incipientes en las uniones de soldadura de componentes electrónicos ensamblados sobre un circuito impreso, según un criterio escogido y definido por el usuario.
- 15 La invención prevé la supervisión simultánea de un gran número de componentes para aplicar de manera automática un criterio de detección predeterminado por un usuario que caracteriza el fallo de una unión soldada. La invención permite obtener directamente resultados de medidas efectuadas sobre los componentes, evitando así todo procesamiento *a posteriori*.
- 20 La invención tiene pues por objeto un dispositivo de prueba de un circuito configurado a partir de un circuito impreso que mediante uniones de soldadura lleva ensamblados unos componentes preferentemente ficticios, que incluye
- un recinto para someter el circuito a un histórico de tensiones termomecánicas y/o vibratorias,
 - una parte de soporte físico que incluye puentes de resistencias eléctricas con el fin de medir la resistencia eléctrica global de varias uniones de soldadura unidas eléctricamente entre sí, en serie,
 - una parte de soporte lógico que incluye medios para fijar un criterio de detección representativo de la degradación de una o varias uniones de soldadura que realizan el ensamble de un componente electrónico sobre un circuito impreso, y para visualizar los resultados de la prueba,
 - una interfaz de entrada/salida para convertir cada medida de resistencia eléctrica de las cadenas de uniones de soldadura sometidas a prueba a un dato tratable mediante la parte de soporte lógico, caracterizado porque incluye
- 25 - unos medios de ajuste para modificar un criterio de detección de la degradación de las uniones soldadas.
- La invención incluye adicionalmente una de las siguientes características:
- los medios de ajuste permiten modificar un umbral de detección de un nivel de resistencia eléctrica del circuito bajo prueba;
 - los medios de ajuste incluyen un potenciómetro para fijar el umbral de detección del nivel de la resistencia eléctrica del componente del circuito bajo prueba;
 - los medios de ajuste permiten modificar la duración de los picos de resistencia eléctrica que han de detectarse;
 - los medios de ajuste incluyen un potenciómetro para fijar la duración de los picos de resistencia eléctrica que han de detectarse;
 - los medios de ajuste permiten modificar un número que ha de detectarse de cambios de estado del circuito bajo prueba para la validación del criterio escogido inicialmente por el usuario;
 - los medios de ajuste incluyen un selector para determinar un número de picos o eventos que han de detectarse para la aplicación del criterio de detección representativo de la degradación de una o varias uniones soldadas;
 - los medios de ajuste permiten modificar un intervalo de tiempo entre dos detecciones de cambio de estado del circuito bajo prueba, con el concurso de un potenciómetro;
 - los medios de ajuste incluyen potenciómetros para determinar un intervalo de tiempo después de un pico para la detección de un pico siguiente;
 - el intervalo mínimo de tiempo entre dos detecciones de cambio de estado de componente es de 250 ns;
 - la duración de los picos de resistencia eléctrica que han de detectarse es ajustable entre 250 ns y 1 μ s;
 - la duración entre el inicio de la prueba y el primer pico de resistencia eléctrica detectado parametrizada para el criterio deseado por el usuario es ajustable;
 - la parte de soporte lógico incluye unos medios de registro y de procesamiento en tiempo real de los resultados;
 - la parte de soporte lógico incluye unos medios de registro y de procesamiento en diferido de los resultados;
- 40
- 45

- la parte de soporte físico se integra en una placa electrónica exterior al recinto.

Esta concierne asimismo a un procedimiento de puesta en práctica de un dispositivo de prueba tal y como se ha descrito anteriormente, en el que:

- se inicializan unos parámetros de detección de degradación de las uniones de soldadura,
- 5 - se detectan y registran cambios de estado de la resistencia eléctrica de una o varias uniones de soldadura que se van a someter a prueba, que se caracteriza por picos de resistencia eléctrica de una duración comprendida entre 250 ns y 1 μ s,
- se transmiten los cambios de estado a la parte de soporte lógico para su análisis,
- 10 - se determina si se ha detectado una fisura en una de las cadenas de uniones de soldadura sometidas a prueba, y luego se registra la ubicación sobre el circuito del componente que presenta esa fisura o fallo eléctrico y la cadena de uniones soldadas asociada.

Se comprenderá mejor la invención con la lectura de la descripción que sigue y con la observación detenida de las figuras que la acompañan. Estas tan sólo se aportan a título ilustrativo pero de modo alguno limitativo de la invención. Las figuras muestran:

- 15 Figura 1: una representación esquemática del dispositivo de la invención; y
- figura 2: un diagrama funcional del procedimiento según la invención.

La figura 1 es una representación esquemática que muestra un dispositivo de prueba 1 de un circuito electrónico 2 según la invención. Un circuito electrónico 2 se conforma a partir de un circuito impreso 3, revestido exteriormente con una fina capa de cobre 4, que realiza las pistas conductoras del sistema eléctrico global, sobre la cual van ensamblados unos componentes electrónicos 5. Para solidarizar el componente 5 con el circuito impreso 3, y en particular para asegurar una continuidad eléctrica entre conexiones del componente 5 y pistas conductoras realizadas en la capa de cobre 4 del circuito impreso 3, se realizan unas uniones soldadas 7 que se materializan cada una de ellas en una gota de soldadura (por ejemplo).

Las uniones de soldadura 7 experimentan una fatiga mecánica que provoca la aparición de fisuras. Esta fatiga mecánica de las uniones de soldadura 7 se deriva de las tensiones termomecánicas y/o vibratorias experimentadas por el componente electrónico 5 y el circuito impreso 3, especialmente en relación con circuitos 2 ubicados en medios de transporte tales como aviones, trenes o barcos. Ahora bien, estos medios de transporte, encontrándose como están en la categoría de los medios de transporte masivos, precisan de una óptima seguridad de funcionamiento.

30 Para solucionar este problema, la invención se propone llevar a la práctica un dispositivo de prueba 1 del circuito 2 que permite la detección de las fisuras o eventuales fallos de las uniones de soldadura 7.

Este dispositivo 1 permite evaluar la fiabilidad de los ensambles de los diferentes componentes electrónicos 5. Para ello, incluye un recinto climático 8 y/o un vibrador, con el fin de someter el circuito 2 a un histórico de tensiones termomecánicas y/o vibratorias. El dispositivo de prueba 1 se ubica preferentemente en una jaula de Faraday para evitar cualesquiera interferencias electromagnéticas con las medidas. Este histórico de tensiones es predeterminado por un usuario. Estas tensiones pueden ser termomecánicas y/o vibratorias. Este recinto climático 8 permite, por medio de las tensiones predeterminadas, someter el circuito 2 a ensayos de envejecimiento acelerado.

El dispositivo 1 incluye una parte de soporte físico 9 conformada por un puente de resistencias eléctricas 10. Este puente de resistencias eléctricas 10 incluye al menos una resistencia eléctrica de referencia 11 que tiene un valor que se considera conocido y otra resistencia eléctrica 12, que corresponde a un valor de una resistencia global determinada por la cadena daisy sometida a prueba. Pudiendo incluir esta cadena daisy a su vez varias uniones soldadas de un mismo componente electrónico. El valor de la resistencia eléctrica 12 del componente electrónico bajo prueba se considera desconocido pero muy pequeño. La resistencia eléctrica de referencia 11 es del orden de 500 Ω o de un valor muy superior a la resistencia eléctrica 12 del componente 5 bajo prueba. El puente de resistencias eléctricas 10 permite medir la resistencia eléctrica de un cierto número de uniones de soldadura unidas eléctricamente entre sí, en serie, de cada componente 5. En la invención, la resistencia eléctrica 12 está conformada por las diferentes uniones de soldadura, las resistencias eléctricas del circuito sometido a prueba y las resistencias eléctricas de las pistas del circuito impreso. El conjunto se halla conectado a las conexiones 6.

El dispositivo 1 incluye además una parte de soporte lógico 13. Esta parte de soporte lógico 13 incluye medios que permiten imponer un criterio de detección representativo de la degradación de las uniones de soldadura 7. En efecto, el interés del dispositivo 1 de la invención está en detectar las fisuras o fallos incipientes, visibles o no visibles, en las uniones de soldadura 7. Para ello, el dispositivo 1 dispone de medios que permiten aplicar en particular criterios IPC, editados por el Institut for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, que gozan de reconocimiento mundial en materia de homologación. La detección de fisuras en las uniones de soldadura 7 se rige, por ejemplo, por la

- 5 norma IPC-SM-785. Este criterio define en términos eléctricos la aparición de una fisura en una unión de soldadura 7 sometida a ensayos de envejecimiento acelerado, ambientales y/o mecánicos. Este criterio considera que hay un principio de fisura cuando se detectan 10 picos sucesivos para una resistencia eléctrica 12 del componente 5 que tienen como característica un valor de resistencia eléctrica comprendido entre 300 y 500 Ω y una duración comprendida entre 500 ns y 1 μ s. Es asimismo necesario que este conjunto de diez picos sucesivos se produzca en un intervalo de tiempo inferior al 10 % del tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el décimo pico detectado.
- 10 La adquisición y la codificación de los datos analógicos medidos con la parte de soporte físico 9 y el análisis de los datos digitales mediante la parte de soporte lógico 13 los efectúa una placa 14 exterior al recinto. Por ejemplo, esta placa 14 incluye 160 entradas para someter a prueba 160 circuitos tales como 2, simultáneamente. Esta placa 14 permite supervisar simultáneamente varios componentes que incluyen cada uno de ellos uno o varios circuitos idénticos al circuito 2, para detectar los picos de resistencia eléctrica. Las 160 entradas son analizadas en paralelo: cada una de ellas está en relación con un puente de resistencias eléctricas de medida 10. Cada uno de estos puentes de medida 10 suministra un escalón de tensión que pasa de 0 a 1 (0-5 voltios) cuando se abre una fisura y un escalón inverso cuando se obtura esta. Esta placa 14 no soporta las tensiones termomecánicas y/o vibratorias de los circuitos 2 situados dentro del recinto 8. La placa 14 puede incluir los puentes de resistencias eléctricas 10 y, en tal caso, estar unida directamente a las conexiones 6.
- 15 Cuando se han sometido a la prueba un gran número de componentes, el dispositivo 1 incluye unos medios de visualización 16 de los resultados de las medidas efectuadas sobre cada componente. Estos resultados permiten determinar estadísticas de vida útil de los ensambles realizados mediante uniones de soldadura 7, con el fin de cualificar los ensambles de los componentes 5 sobre los circuitos impresos 3.
- 20 Para desempeñar las diferentes acciones de la parte de soporte lógico 13, esta última está conformada por un sistema informático 17. Este sistema informático 17 incluye una FPGA (Field Programmable Grid Array) para realizar el análisis *in situ* de las medidas de los 160 canales (15) y presentarlas en un medio de visualización (16), por mediación de otro bus de comunicación 22. El sistema informático 17 incluye una interfaz de entrada/salida 23, que permite unir los buses 21 y 22. El bus de comunicación 21 se halla unido asimismo, por mediación del bus de comunicación 22, a unos medios de ajuste 24, 25, 26, 27, 28, 29 con el fin de que el usuario pueda modificar el criterio de detección de la degradación.
- 25 Las acciones emprendidas por el sistema informático 17 son ordenadas por la FPGA 20. La FPGA 20 produce, como respuesta a los códigos de instrucciones grabados en la memoria de programa 18, órdenes destinadas a la placa 14 y presenta los resultados merced a los medios de visualización 16.
- 30 La memoria de programa incluye al efecto varias áreas de programa 30 a 51, que corresponden respectivamente a una sucesión de operaciones.
- 35 Una operación 30 corresponde a una inicialización de los parámetros de detección de los picos de resistencia eléctrica o cambio de estado. Una operación 31 corresponde al incremento de un contador rápido. Una operación 32 corresponde a la comparación del valor del contador rápido con un valor máximo del contador rápido. Una operación 33 corresponde al incremento de un contador lento. Las operaciones 31, 32 y 33 permiten determinar con precisión el tiempo de detección de un cambio de estado. Una operación 34 corresponde a la detección de un cambio de estado de 0 a 1. Una operación 35 corresponde a un registro del estado y de los contadores, cuando se detecta un cambio de estado. Una operación 36 corresponde a una detección de un cambio de estado de 1 a 0. Una operación 37 corresponde a determinar si el estado está a 0 o a 1. Unas operaciones 38 y 39 corresponden a una comparación del estado actual con el estado anterior. Una operación 40 corresponde a un cambio de estado de 0 a 1. Una operación 42 corresponde a un cambio de estado de 1 a 0. Unas operaciones 41 y 43 corresponden a registros de los contadores en las variables de cálculo de una duración de un pico. Una operación 44 corresponde al cálculo de la duración de detección de un pico de resistencia eléctrica. Una operación 45 corresponde a una comparación de la duración calculada en la operación 44 con un valor inferior de duración predeterminado en la operación de inicialización 30. Una operación 46 corresponde a una comparación de la duración calculada en la operación 44 con un valor superior de duración, predeterminado en la operación de inicialización 30. Una operación 47 corresponde a un incremento del número de picos detectados, con posterior registro de la duración calculada, del contador de inicio del pico y del número del canal de medición donde se ha detectado el pico. Una operación 48 corresponde a una comparación del número de picos con el número máximo de picos predeterminado en la operación de inicialización 30. Una operación 49 corresponde a una verificación del criterio. Siendo este criterio la detección o medida de un cierto número de picos sucesivos en un tiempo inferior a un determinado porcentaje del tiempo que media entre el inicio de la prueba y el primer pico detectado. Si se utiliza como criterio la norma IPC-SM-785, se han de detectar 10 picos en un tiempo inferior al 10 % del tiempo transcurrido entre el inicio del ensayo y el primer pico detectado. Una operación 50 corresponde a una indicación de que se ha detectado un fallo o una fisura si se cumple la prueba precedente, con posterior registro del número del canal de medición donde se encuentra la fisura, así como del valor del contador del inicio del primer pico. Una operación 51 corresponde a una sobrescritura del valor de la duración del pico anterior con el valor del pico actual si no se cumple la prueba 49.
- 55 La figura 2 es un ejemplo de un diagrama funcional del procedimiento según la invención. Un programa general que incluye todos los subprogramas 30 a 51 organiza la sucesión de estas operaciones según el modo siguiente. Este
- 60

- diagrama muestra la operación preliminar 30 en la que se efectúa una inicialización de los parámetros de detección de los picos de resistencia o cambio de estado, tales como el ajuste del umbral de detección de los picos, el valor inferior y el valor superior de la duración de detección de un pico, el número máximo de picos que han de detectarse, la duración de detección del conjunto de los picos, la elección de un registro con un análisis en tiempo real o diferido.
- 5 Esta parametrización se efectúa respectivamente mediante unos medios de ajuste 24, 25, 26, 27, 28, 29. En esta operación se inicializan todos los contadores. Cuando son inicializados los parámetros, se puede efectuar entonces la operación 31.
- En la operación 31, se efectúa un incremento de un contador Cntrápido. Cuando se incrementa el contador Cntrápido, se efectúa entonces la operación 32.
- 10 En la operación 32, se efectúa una comparación del valor del contador Cntrápido con un valor máximo del contador Cntmáx. Este valor Cntmáx. puede ser por ejemplo 60. Cuando el valor Cntrápido alcanza el valor Cntmáx, se efectúa entonces la operación 33, en caso contrario se repite la operación 31.
- En la operación 33, se efectúa un incremento de un contador Cntlento. Cuando se incrementa el contador Cntlento, se efectúa entonces la operación 34.
- 15 En la operación 34, se determina si se ha producido un cambio de estado de 0 a 1 del puente de resistencias 10. Cuando se ha producido un cambio de estado de 0 a 1, se efectúa entonces la operación 35, en caso contrario se efectúa la operación 36.
- En la operación 35, se efectúa un registro del nuevo estado, así como los valores de los contadores Cntrápido y Cntlento. Cuando se efectúa el registro del nuevo estado y de los contadores, se efectúa entonces la operación 37.
- 20 En la operación 36, se determina si se ha producido un cambio de estado de 1 a 0. Cuando se ha producido un cambio de estado de 1 a 0, se efectúa entonces la operación 36, en caso contrario se repite la operación 31 ó 32 ó 33 ó 34.
- En la operación 37, se determina si el nuevo estado está a 0. Cuando el nuevo estado está a 0, se efectúa la operación 38, en caso contrario se efectúa la operación 39.
- 25 En la operación 38, se efectúa una comparación del nuevo estado con el estado anterior. Cuando el nuevo estado y el estado anterior son idénticos, se efectúa entonces la operación 40, en caso contrario se repite la operación 31 ó 32 ó 33 ó 34 ó 35 ó 36 ó 37.
- En la operación 40, se efectúa un cambio de estado de 0 a 1. Cuando se ha producido el cambio de estado de 0 a 1, se efectúa la operación 41.
- 30 En la operación 41, se efectúa un registro del valor del contador Cntlento en una variable Cntlentoinicio y un registro del valor del contador Cntrápido en una variable Cntrápidoinicio. Cuando se efectúa el registro de los contadores, se efectúa entonces la operación 44.
- En la operación 39, se efectúa una comparación del nuevo estado con el estado anterior. Cuando el nuevo estado y el estado anterior son idénticos, se efectúa entonces la operación 42, en caso contrario se repite la operación 31 ó
- 35 32 ó 33 ó 34 ó 35 ó 36 ó 37.
- En la operación 42, se efectúa un cambio de estado de 1 a 0. Cuando se ha producido el cambio de estado de 1 a 0, se efectúa la operación 43.
- En la operación 43, se efectúa un registro del valor del contador Cntlento en una variable Cntlentofin y un registro del valor del contador Cntrápido en una variable Cntrápidofin. Cuando se efectúa el registro de los contadores, se
- 40 efectúa entonces la operación 44.
- En la operación 44, se efectúa un cálculo de la duración de detección de un pico, correspondiente a la diferencia entre la suma de los valores de las variables Cntlentofin con Cntrápidofin y la suma de los valores de las variables Cntlentoinicio con Cntrápidoinicio. Diferencia ésta que se reduce a unidades del nanosegundo. Cuando se efectúa el cálculo de la duración de detección de un pico, se efectúa la operación 45.
- 45 En la operación 45, se efectúa una comparación de la duración calculada con un valor inferior de la duración de detección de un pico, predeterminada en la operación 30. Cuando la duración calculada es superior a la duración inferior predeterminada, se efectúa entonces la operación 46, en caso contrario se repite la operación 31.
- En la operación 46, se efectúa una comparación de la duración calculada con un valor superior de la duración de detección de un pico, predeterminada en la operación 30. Cuando la duración calculada es inferior a la duración superior predeterminada, se efectúa entonces la operación 47, en caso contrario se repite la operación 31.
- 50 En la operación 47, se efectúa un incremento del número de picos detectados, con posterior registro de la duración calculada, del contador de inicio del pico detectado y del número del canal de medición donde se ha detectado el

pico. Cuando se ha efectuado este incremento, se efectúa entonces la operación 48.

En la operación 48, se efectúa una comparación del número de picos con el número máximo de picos predeterminado en la operación 30. Cuando el número de picos detectados es inferior al número máximo de picos predeterminado, se efectúa entonces la operación 49, en caso contrario se repite la operación 31.

- 5 En la operación 49, se efectúa una verificación de que se han detectado realmente diez picos sucesivos en un modelo temporal predefinido por el usuario. Cuando se han detectado diez picos sucesivos, se efectúa entonces la operación 50, en caso contrario se efectúa la operación 51.

- 10 En la operación 50, se efectúa una indicación de que se ha detectado un fallo o fisura, con posterior registro del número del canal de medición donde se ha detectado el fallo, de la duración de detección de los diez picos, del contador de inicio del primer pico. Cuando se ha efectuado la indicación del fallo, se repite entonces la operación 30, en caso contrario se efectúa la operación 51.

En la operación 51, se efectúa una sobrescritura de la duración de detección del pico anterior con la duración de detección del pico actual. Cuando se efectúa esta sobrescritura, se repite la operación 31.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de prueba (1) de un circuito (2) configurado a partir de un circuito impreso (3) que mediante uniones de soldadura (7) lleva ensamblados unos componentes (5), preferentemente ficticios, que incluye
- un recinto (8) para someter el circuito (2) a un histórico de tensiones termomecánicas y/o vibratorias,
- 5
- una parte de soporte físico (9) que incluye puentes (10) de resistencias eléctricas (11, 12), con el fin de medir la resistencia eléctrica (12) global de varias uniones de soldadura unidas eléctricamente entre sí, en serie,
 - una parte de soporte lógico (13) que incluye medios (16-23) para fijar un criterio de detección representativo de la degradación de una o varias uniones de soldadura que realizan el ensamble de un componente electrónico (5) sobre un circuito impreso, y para visualizar los resultados de la prueba,
- 10
- una interfaz de entrada/salida (14) para convertir cada medida de resistencia eléctrica (12) de las cadenas de uniones de soldadura (7) sometidas a prueba a un dato tratable mediante la parte de soporte lógico (13),
 - unos medios de ajuste (24-29) para modificar un criterio de detección de la degradación de las uniones soldadas,
- caracterizado porque** incluye:
- 15
- unos medios para inicializar parámetros de detección de degradación de las uniones de soldadura,
 - unos medios para detectar y registrar cambios de estado de la resistencia eléctrica de una o varias uniones de soldadura que se van a someter a prueba, que **se caracteriza por** picos de resistencia eléctrica de una duración comprendida entre 250 ns y 1 μ s,
 - unos medios para transmitir los cambios de estado a la parte de soporte lógico para su análisis,
- 20
- unos medios para determinar si se ha detectado una fisura sobre una de las cadenas de uniones de soldadura sometidas a prueba y unos medios para registrar la ubicación sobre el circuito del componente que presenta esa fisura y de la cadena de uniones soldadas asociada.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) permiten modificar un umbral de detección de un nivel de resistencia eléctrica del circuito bajo prueba.
- 25
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) incluyen un potenciómetro (24) para fijar el umbral de detección del nivel de la resistencia eléctrica del componente (5) del circuito (2) bajo prueba.
- 30
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) permiten modificar un número que ha de detectarse de cambios de estado del circuito (2) bajo prueba para la validación del criterio escogido inicialmente por un usuario.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) incluyen un selector (27) para determinar un número de picos que han de detectarse para la aplicación del criterio de detección.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) permiten modificar un intervalo de tiempo entre dos detecciones de cambio de estado del circuito (2) bajo prueba.
- 35
7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** los medios de ajuste (24-29) incluyen potenciómetros (25, 26) para determinar un intervalo de tiempo después de un pico para la detección de un pico siguiente.
8. Dispositivo según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado porque** el intervalo mínimo de tiempo entre dos detecciones de cambio de estado de componente (5) es de 250 ns.
- 40
9. Dispositivo según la reivindicación 1 a 8, **caracterizado porque** la duración de los picos de resistencia eléctrica que han detectarse es ajustable entre 250 ns y 1 μ s.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** la duración entre el inicio de la prueba y el primer pico de resistencia eléctrica detectado parametrizada para el criterio deseado por el usuario es ajustable.
- 45
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la parte de soporte lógico (13) incluye unos medios de registro y de procesamiento (29) en tiempo real de los resultados.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** la parte de soporte físico (9) se integra en una placa exterior al recinto (8).

13. Procedimiento de puesta en práctica de un dispositivo de prueba (1) de un circuito (2) configurado a partir de un circuito impreso (3) que mediante uniones de soldadura lleva ensamblados unos componentes electrónicos (4) preferentemente ficticios, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** incluye las siguientes operaciones:

- 5 - se inicializan unos parámetros de detección de degradación de las uniones de soldadura,
- se detectan y registran cambios de estado de la resistencia eléctrica de una o varias uniones de soldadura que se van a someter a prueba, que **se caracteriza** por picos de resistencia eléctrica de una duración comprendida entre 250 ns y 1 μ s,
- se transmiten los cambios de estado a la parte de soporte lógico para su análisis,
- 10 - se determina si se ha detectado una fisura en una de las cadenas de uniones de soldadura sometidas a prueba, y luego se registra la ubicación sobre el circuito del componente que presenta esa fisura y de la cadena de uniones soldadas asociada.

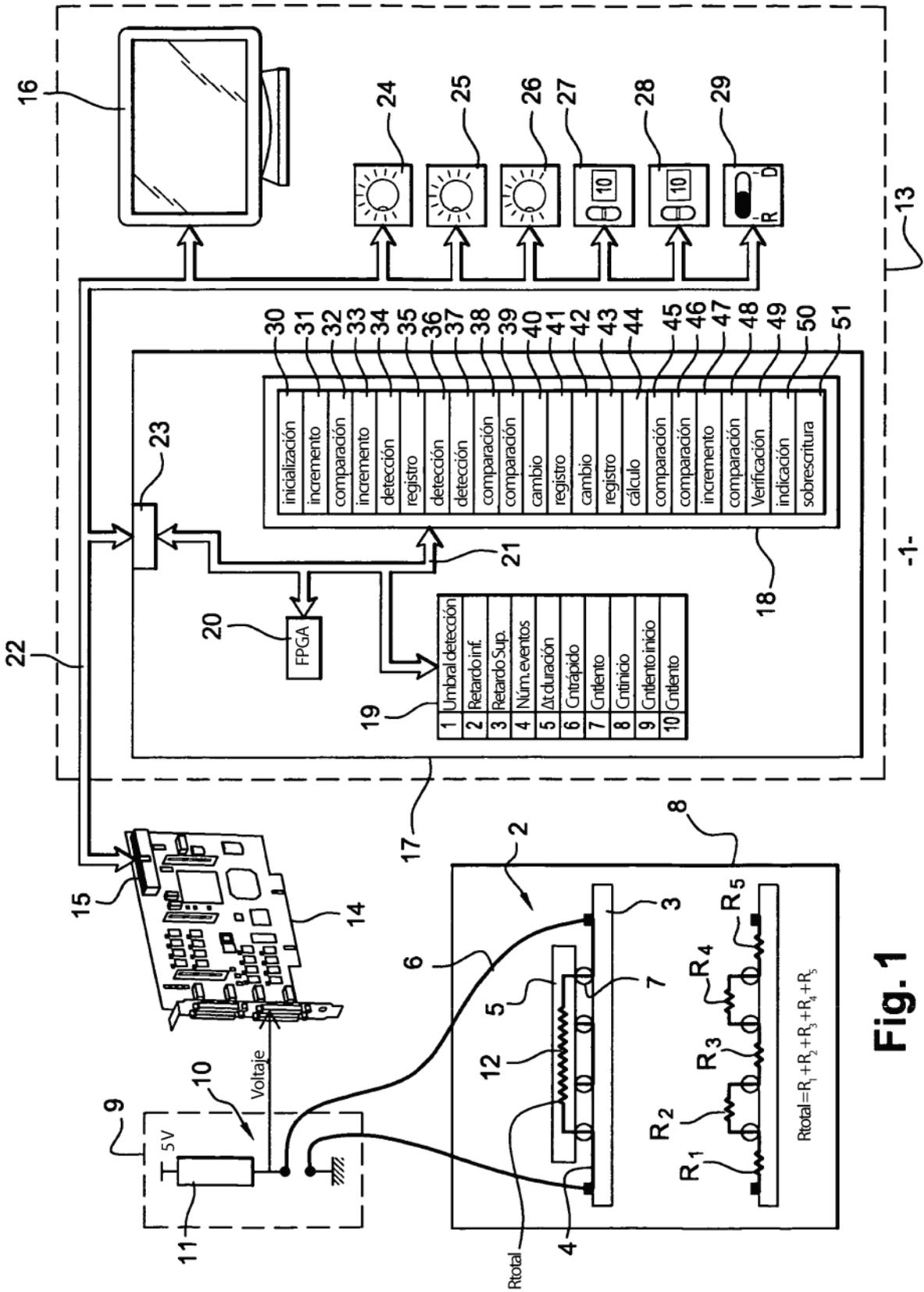


Fig. 1

