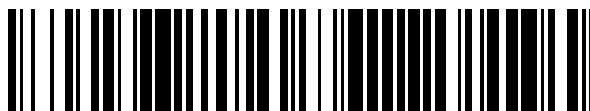


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 417**

51 Int. Cl.:

**F42C 21/00** (2006.01)

**G01R 31/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2015** E 15382155 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017** EP 3076123

54 Título: **Método para validar cerillas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.03.2018**

73 Titular/es:

**MAXAMCORP HOLDING, S.L (100.0%)**  
Avda. del Partenon 16 - 5a PI  
28042 Madrid, ES

72 Inventor/es:

**MONTAÑO RUEDA, LUIS DIEGO;**  
**NIEKERK, HENDRIK VAN;**  
**BOTIJA GONZÁLEZ, JOSÉ MANUEL y**  
**ZABALO ARENA, ÍÑIGO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 659 417 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**

Método para validar cerillas

**5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un método para validar cerillas en un circuito y, más particularmente, en un circuito detonador.

10 US 3555490 A1 describe un método para la validación de una cerilla en un detonador electrónico.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 Los detonadores electrónicos comprenden un circuito electrónico conectado a hilos que proporcionan una tensión. La cerilla está conectada al circuito detonador y está adaptada para cebar la carga explosiva incluida en el detonador cuando una corriente superior a un umbral determinado fluye a través de la cerilla.

20 En el proceso de fabricación del detonador, la cerilla se suelda al circuito electrónico del detonador. Sin embargo, la soldadura puede realizarse correctamente o no. Si la soldadura se realiza bien, el detonador puede funcionar correctamente. En el caso en el que la cerilla no se ha soldado correctamente, la cerilla no puede cebar la carga explosiva o puede cebar la carga explosiva a una corriente inferior o superior al umbral determinado, lo que compromete la calidad del detonador e implica costes económicos y riesgos de seguridad.

25 Un método conocido para validar la soldadura de la cerilla en un detonador usa un multímetro para medir la resistencia de la cerilla en el circuito electrónico. El problema de este método es que esta medición debe realizarse antes de ensamblar el detonador porque cuando el detonador está ensamblado y el circuito electrónico está dentro del casquillo metálico cargado con la carga explosiva, los cables de medición no pueden llegar hasta la cerilla.

30 Por tanto, existe la necesidad de un método para validar de manera segura las cerillas ensambladas en detonadores electrónicos, incluso después de haber ensamblado la cerilla dentro del casquillo metálico del detonador.

**SUMARIO DE LA INVENCION**

35 La presente invención proporciona una solución para el problema mencionado anteriormente, por medio de un método para la validación de una cerilla en un detonador electrónico según la reivindicación 1 y un detonador electrónico según la reivindicación 12. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la invención.

40 En un primer aspecto de la invención, la invención proporciona un método para la validación de una cerilla en un detonador electrónico, en el que dicho detonador comprende:

- un resistor de referencia,
- una cerilla,
- al menos un condensador, y

45

- medios de conmutación, en donde
- en una primera posición de los medios de conmutación, el resistor de referencia está conectado al al menos un condensador formando un primer circuito RC, y
- en una segunda posición de los medios de conmutación, la cerilla está conectada al al menos un condensador formando un segundo circuito RC,

50

comprendiendo el método las siguientes etapas:

- a) medir al menos una vez un primer tiempo de carga  $t_1$ , siendo el primer tiempo de carga  $t_1$  el tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado en el primer circuito RC, cuando los medios de conmutación están en la primera posición,

55

- b) activar los medios de conmutación a la segunda posición,
- c) medir al menos una vez un segundo tiempo de carga  $t_2$ , siendo el segundo tiempo de carga  $t_2$  el tiempo necesario para que el al menos un condensador en el segundo circuito RC alcance el mismo valor de carga especificado que el especificado en la etapa a),

60

- d) determinar si el segundo tiempo de carga  $t_2$  está dentro de un intervalo  $(t_1 - \lambda_1, t_1 + \lambda_2)$ , siendo  $t_1$  el primer tiempo de carga, siendo  $t_1 - \lambda_1$  un primer umbral de validación y siendo  $t_1 + \lambda_2$  un segundo umbral de validación.

El método se basa por tanto en medir el tiempo de carga del al menos un condensador en los circuitos RC primero y

segundo hasta un valor de carga especificado y determinar la desviación del segundo tiempo de carga, que corresponde al segundo circuito RC, con respecto al primer tiempo de carga, que corresponde al primer circuito RC. Cuando el segundo tiempo de carga  $t_2$  entra dentro del intervalo definido, la cerilla se considera válida. De lo contrario, la cerilla se considera no válida. El valor de carga especificado es un valor de seguridad en el que la corriente que fluye a través de la cerilla no ceba la detonación del explosivo.

Ventajosamente, este método proporciona un modo seguro para validar de forma segura la resistencia de la cerilla y la soldadura de la cerilla al circuito electrónico del detonador, incluso cuando el circuito electrónico está ensamblado dentro del casquillo metálico del detonador con la carga explosiva. A lo largo de todo este documento “validar” se interpretará como determinar la validez.

El intervalo  $(t_1 - \lambda_1, t_1 + \lambda_2)$  para validar la cerilla puede definirse según las necesidades del usuario y la variabilidad que es aceptable para una cerilla particular. En una realización,  $\lambda_1 = \lambda_2$  y por tanto el primer tiempo de carga  $t_1$  está en la mitad del intervalo. En otras realizaciones, la variabilidad aceptable por encima y por debajo del primer tiempo de carga  $t_1$  no son iguales, por ejemplo en casos en los que es necesario definir el intervalo alejado de un valor que puede cegar la carga explosiva de la cerilla, por tanto  $\lambda_1 \neq \lambda_2$  y el intervalo de validación no es simétrico con respecto al primer tiempo de carga  $t_1$ .

Los umbrales de validación primero y segundo cuantifican la variabilidad máxima aceptable para una cerilla particular. En una realización, los umbrales de validación primero y segundo se establecen en el *firmware* de un microcontrolador incluido en el detonador electrónico.

En una realización particular, el método comprende una etapa intermedia adicional entre las etapas a) y c), que comprende descargar el al menos un condensador. En una realización, la etapa intermedia se realiza entre las etapas a) y b), en la que el al menos un condensador se descarga en el primer circuito RC. En otra realización, la etapa intermedia se realiza entre las etapas b) y c), en la que el al menos un condensador se descarga en el segundo RC. En una realización preferida, la etapa de descarga se realiza hasta que la tensión de salida del circuito RC es inferior o igual a un primer umbral de carga, preferiblemente hasta que la tensión de salida es de 0 V.

En una realización particular, la descarga del al menos un condensador comprende además cortocircuitar el al menos un condensador durante un periodo de tiempo determinado. Ventajosamente, esta realización garantiza que el condensador no se cargue y la precisión de la medición del segundo tiempo de carga aumenta.

En una realización particular, el método comprende la etapa adicional de calcular la resistencia de la cerilla.

En una realización particular, calcular la resistencia  $R_{fusible}$  de la cerilla comprende aplicar la siguiente expresión,

$$R_{fusible} = R_{ref} * \frac{t_2}{t_1}$$

donde

- $t_2$  es el segundo tiempo de carga medido en la etapa c),
- $t_1$  es el primer tiempo de carga medido en la etapa a) y
- $R_{ref}$  es la resistencia del resistor de referencia.

En una realización particular, la medición del tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado en la etapa a) se realiza al menos dos veces y el primer tiempo de carga  $t_1$  se obtiene como la media de las mediciones realizadas.

Ventajosamente, esta realización mejora la exactitud en la determinación del primer tiempo de carga. En este caso, el método realiza más de una medición y por tanto aumentan la fiabilidad y la exactitud del método, porque incluso en caso de que exista un error en alguna de las mediciones, el tiempo de carga final  $t_2$  considerado para la comparación es la media de las mediciones realizadas y se compensa cualquier posible error.

En una realización particular, la medición del tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado en la etapa c) se realiza al menos dos veces y el segundo tiempo de carga  $t_2$  se obtiene como la media de las mediciones realizadas.

Ventajosamente, en este caso, aumentan la fiabilidad y la exactitud de la medición final, porque incluso en caso de que exista un error en alguna de las mediciones, el segundo tiempo de carga  $t_2$  considerado para la comparación es la media de las mediciones realizadas y se compensan los errores en dichas mediciones.

En una realización particular, el resistor de referencia es un resistor de precisión con una resistencia igual a la

resistencia nominal de la cerilla.

5 Ventajosamente, el uso de un resistor de precisión permite obtener una medición más exacta del primer tiempo de carga  $t_1$ . También el resultado de la comparación tiene mayor exactitud porque el resistor de precisión tiene una resistencia igual a la resistencia nominal de la cerilla y pueden optimizarse los umbrales de validación primero y segundo.

10 En una realización particular, las etapas del método se realizan mediante un microcontrolador incluido en el detonador electrónico.

En una realización particular, el detonador comprende un segundo condensador, estando los dos condensadores conectados en paralelo, y siendo el primer tiempo de carga  $t_1$  y el segundo tiempo de carga  $t_2$ , el tiempo necesario para que ambos condensadores alcancen un valor de carga especificado.

15 En un segundo aspecto de la invención, la invención proporciona un detonador electrónico, que comprende:

- un resistor de referencia,
- una cerilla,
- al menos un condensador,
- 20 – medios de conmutación, en donde
- en una primera posición de los medios de conmutación, el resistor de referencia está conectado al al menos un condensador formando un primer circuito RC, y
- en una segunda posición de los medios de conmutación, la cerilla está conectada al al menos un condensador formando un segundo circuito RC, y
- 25 – un microcontrolador, en donde el microcontrolador está configurado para realizar las etapas de método del método según el primer aspecto de la invención.

30 Ventajosamente, esta invención proporciona un detonador electrónico adaptado para validar de forma segura la cerilla ensamblada en el mismo.

En una realización, el detonador electrónico comprende un segundo condensador, en donde los dos condensadores están conectados en paralelo.

35 En una realización, los umbrales de validación primero y segundo ( $t_1 - \lambda_1$ ,  $t_1 + \lambda_2$ ) están establecidos en el *firmware* del microcontrolador.

40 Todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluyendo las reivindicaciones, la descripción y los dibujos) y/o todas las etapas del método descrito pueden combinarse en cualquier combinación, con la excepción de combinaciones de aquellas características y/o etapas que sean mutuamente excluyentes.

## DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán claramente en vista de la descripción detallada de la invención que resulta evidente a partir de una realización preferida de la invención, facilitada simplemente como ejemplo y sin limitarse a la misma, con referencia a los dibujos.

La figura 1 Esta figura muestra la cerilla y los puntos de conexión de un circuito electrónico usado en el método de la invención.

La figura 2 Esta figura muestra la cerilla conectada a un circuito electrónico usado en el método de la invención.

50 La figura 3 Esta figura muestra la cerilla soldada a un circuito electrónico usado en el método de la invención.

La figura 4 Esta figura muestra una realización de un circuito electrónico usado en una realización de la invención.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

55 Las figuras 1, 2 y 3 muestran el proceso de ensamblaje de una cerilla en un circuito electrónico de un detonador electrónico.

La figura 1 muestra la cerilla (1) y un terminal (2) del circuito electrónico. Este terminal (2) comprende dos puntos de conexión (3) para la conexión de la cerilla (1).

60 La figura 2 muestra la cerilla (1) conectada al terminal (2) del circuito electrónico a través de los puntos de conexión (3).

La figura 3 muestra la cerilla (1) soldada al terminal (2) del circuito electrónico a través de los puntos de conexión (3). Esta soldadura mostrada en la figura 3 puede ser irregular debido al hecho de que la cantidad de estaño usada no se controla. Esto puede conducir a la creación de cortocircuitos o circuitos abiertos en el circuito electrónico del detonador, lo que pone en riesgo la calidad de los detonadores e implica costes económicos y riesgos de seguridad.

5 Además, es importante asegurarse antes del uso del detonador de si la soldadura de la cerilla (1) o la propia cerilla (1) se han dañado tras el ensamblaje de los elementos del detonador, por ejemplo durante el transporte o almacenamiento. Por tanto, en una realización de la invención el método de validación se realiza automáticamente durante la programación del detonador electrónico.

10 La figura 4 muestra un circuito electrónico usado en una realización de la invención, que incluye los siguientes elementos:

- Puntos de conexión (3).
- Un primer punto de entrada (4), un segundo punto de entrada (5).
- Un punto de salida (6).

15

- Condensadores C1 y C2.
- El resistor R13 como resistor de referencia.
- Los transistores T3 y T4, que actúan como medios de conmutación, en particular que actúan como un primer conmutador y un segundo conmutador, respectivamente.
- Resistores (R8, R12, R10, R15, R14).

20

- Un circuito de descarga (7).

Los puntos de conexión (3) están adaptados para la unión y la soldadura de la cerilla (1).

25 El primer punto de entrada (4) está adaptado para enviar una instrucción a los medios de conmutación para establecerlos en una posición adaptada para medir el primer tiempo de carga  $t_1$ .

El segundo punto de entrada (5) está adaptado para enviar una instrucción a los medios de conmutación para establecerlos en una posición adaptada para medir el segundo tiempo de carga  $t_2$ .

30 El punto de salida (6) está adaptado para transmitir el primer tiempo de carga  $t_1$  o/y el segundo tiempo de carga  $t_2$  a un microcontrolador.

35 El resistor (R13) es un resistor de precisión, es decir, su tolerancia y la variabilidad de sus propiedades a lo largo del tiempo son muy reducidas. El resistor R12 está adaptado para limitar la corriente que fluye a través del resistor de precisión y de la cerilla (1) para evitar un cebado accidental no deseable de la carga explosiva unida a la cerilla (1). Los resistores (R8, R10, R15, R14) son resistores adaptados para polarizar los transistores T4 y T3, que funcionan como un primer conmutador y un segundo conmutador y dichos conmutadores están adaptados para conectar el resistor R13 y desconectar la cerilla (1) para medir el tiempo de carga de los condensadores, en el caso del primer conmutador, y para conectar la cerilla (1) y desconectar el resistor R13 para medir el tiempo de carga de los condensadores, en el caso del segundo conmutador.

40

Los condensadores C1 y C2 están conectados en paralelo entre sí. De este modo, el tiempo de carga es igual que para un condensador con una capacitancia  $C1 + C2$ .

45 En la realización mostrada en la figura 4, el microcontrolador está adaptado para conectarse a través del primer punto de entrada (4), el segundo punto de entrada (5), el punto de salida (6) y el circuito de descarga (7). A través de estos puntos de entrada (4, 5) y salida (6), el microcontrolador puede comunicarse con y enviar instrucciones al circuito. El microcontrolador está adaptado para realizar las etapas según una realización de la invención:

50 1) Activar a través del primer punto de entrada (4) el primer conmutador y por tanto establecer los medios de conmutación en una primera posición.

En esta etapa, el microcontrolador activa el transistor T4. La corriente procedente de la fuente de tensión (8) fluye a través del resistor R12, el transistor T4 y el resistor de precisión R13 y carga los condensadores C1 y C2.

55

2) Medir al menos una vez un primer tiempo de carga, siendo el primer tiempo de carga  $t_1$  el tiempo necesario para que los condensadores alcancen un valor de carga especificado en el primer circuito RC, cuando los medios de conmutación están en la primera posición.

60 Tras realizar la primera medición, los condensadores deben descargarse hasta un determinado nivel. Para acelerar este proceso, en esta realización, el microcontrolador activa el circuito de descarga (7) a través del transistor T2B. En esta realización, los condensadores se cortocircuitan a tierra a través del transistor T2B, hasta que la tensión de salida del circuito RC es igual a 0 V.

## ES 2 659 417 T3

- 3) Activar a través del segundo punto de entrada (5) el segundo conmutador y por tanto establecer los medios de conmutación en la segunda posición, para sustituir el resistor de referencia (R13) por la cerilla (1).
- 5 En esta etapa, el microcontrolador activa el transistor T3. La corriente procedente de la fuente de tensión (8) fluye a través del resistor R12, el transistor T3 y en paralelo a los resistores R17 y la cerilla (1) conectados a los puntos de conexión (3). Puesto que la resistencia del resistor R17 es mucho mayor que la impedancia de la cerilla (1), la corriente fluye sólo a través de la cerilla (1) y carga los condensadores C1 y C2.
- 10 4) Medir al menos una vez un segundo tiempo de carga  $t_2$ , siendo el segundo tiempo de carga el tiempo necesario para que los condensadores en el segundo circuito RC alcancen el mismo valor de carga especificado que el especificado en la etapa 2.
- 15 5) Determinar si el segundo tiempo de carga  $t_2$  está dentro de un intervalo  $(t_1 - \lambda_1, t_1 + \lambda_2)$ , siendo  $t_1$  el primer tiempo de carga, siendo  $t_1 - \lambda_1$  un primer umbral de validación y siendo  $t_1 + \lambda_2$  un segundo umbral de validación. Si el segundo tiempo de carga  $t_2$  entra dentro del intervalo especificado, la cerilla (1) se considera válida. Por el contrario, si el segundo tiempo de carga  $t_2$  es inferior a  $t_1 - \lambda_1$  o superior a  $t_1 + \lambda_2$ , la cerilla (1) se considera no válida.
- 20 En una realización,  $\lambda_1 = \lambda_2 = 10\%$  de  $t_1$ . En esta realización el intervalo para la validación será por tanto  $(0,9 t_1, 1,1 t_1)$ .
- En una realización, el detonador está adaptado para almacenar en un dispositivo de memoria la comparación realizada y/o para enviar los resultados a una entidad externa y/o para mostrar los resultados en una pantalla.
- 25 Preferiblemente, el detonador está adaptado para conectarse a un dispositivo externo, que puede someter a prueba las condiciones del detonador incluso cuando dicho detonador está colocado en una localización para ser usado, por ejemplo en operaciones de minería subterránea o a cielo abierto.
- 30 Gracias al método de la invención puede comprobarse la validez de un detonador antes de su uso. En el caso de una voladura controlada es crucial que todos los detonadores funcionen adecuadamente, por lo que este método proporciona una solución para validar la cerilla (1) con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento del detonador.

**REIVINDICACIONES**

1.- Método para la validación de una cerilla (1) en un detonador electrónico, en el que dicho detonador comprende:

- 5     – un resistor de referencia (R13),
- una cerilla (1),
- al menos un condensador, y
- medios de conmutación, en donde
- 10    – en una primera posición de los medios de conmutación, el resistor de referencia (R13) está conectado al al menos un condensador formando un primer circuito RC, y
- en una segunda posición de los medios de conmutación, la cerilla (1) está conectada al al menos un condensador formando un segundo circuito RC,

comprendiendo el método las siguientes etapas:

- 15    a) medir al menos una vez un primer tiempo de carga  $t_1$ , siendo el primer tiempo de carga el tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado en el primer circuito RC, cuando los medios de conmutación están en la primera posición,
- 20    b) activar los medios de conmutación a la segunda posición,
- c) medir al menos una vez un segundo tiempo de carga  $t_2$ , siendo el segundo tiempo de carga el tiempo necesario para que el al menos un condensador en el segundo circuito RC alcance el mismo valor de carga especificado que el especificado en la etapa a),
- d) determinar si el segundo tiempo de carga está dentro de un intervalo  $(t_1-\lambda_1, t_1+\lambda_2)$ , siendo  $t_1$  el primer tiempo de carga, siendo  $t_1-\lambda_1$  un primer umbral de validación y siendo  $t_1+\lambda_2$  un segundo umbral de validación.

2. Método según la reivindicación 1, en el que el método comprende una etapa intermedia adicional entre las etapas a) y c), que comprende:

- 30    – descargar el al menos un condensador, hasta que la tensión de salida del circuito RC es inferior o igual a un umbral de carga.

3. Método según la reivindicación 2, en el que la descarga del al menos un condensador comprende cortocircuitar el al menos un condensador durante un periodo de tiempo determinado.

35    4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 ó 3, en el que el umbral de carga es de 0 V.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método comprende la etapa adicional de calcular la resistencia de la cerilla (1).

40    6. Método según la reivindicación 5, en el que calcular la resistencia  $R_{fusible}$  de la cerilla (1) comprende aplicar la siguiente expresión:

$$R_{fusible} = R_{ref} * \frac{t_2}{t_1}$$

donde

- 45    –  $t_2$  es el segundo tiempo de carga medido en la etapa c),
- $t_1$  es el primer tiempo de carga medido en la etapa a) y
- $R_{ref}$  es la resistencia del resistor de referencia (R13).

50    7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa a) la medición del tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado se realiza al menos dos veces y el primer tiempo de carga  $t_1$  se obtiene como la media de las mediciones realizadas.

55    8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa c) la medición del tiempo necesario para que el al menos un condensador alcance un valor de carga especificado se realiza al menos dos veces y el segundo tiempo de carga  $t_2$  se obtiene como la media de las mediciones realizadas.

9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el resistor de referencia (R13) es un resistor de precisión con una resistencia igual a la resistencia nominal de la cerilla (1).

60    10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las etapas de método se realizan mediante un microcontrolador incluido en el detonador electrónico.

5 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el detonador comprende un segundo condensador, estando los dos condensadores conectados en paralelo, y siendo el primer tiempo de carga  $t_1$  y el segundo tiempo de carga  $t_2$  el tiempo necesario para que ambos condensadores alcancen un valor de carga especificado.

12. Detonador electrónico que comprende:

- 10
- un resistor de referencia (R13),
  - una cerilla (1),
  - al menos un condensador,
  - medios de conmutación, en donde
  - en una primera posición de los medios de conmutación, el resistor de referencia (R13) está conectado al al menos un condensador formando un primer circuito RC, y
  - 15 - en una segunda posición de los medios de conmutación, la cerilla (1) está conectada al al menos un condensador formando un segundo circuito RC, y
  - un microcontrolador, en donde el microcontrolador está configurado para realizar el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

20 13. Detonador electrónico según la reivindicación 12, que comprende además un segundo condensador, estando los dos condensadores conectados en paralelo.

14. Detonador electrónico según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que los umbrales de validación primero y segundo ( $t_1 - \lambda_1$ ,  $t_1 + \lambda_2$ ) están establecidos en el *firmware* del microcontrolador.

25



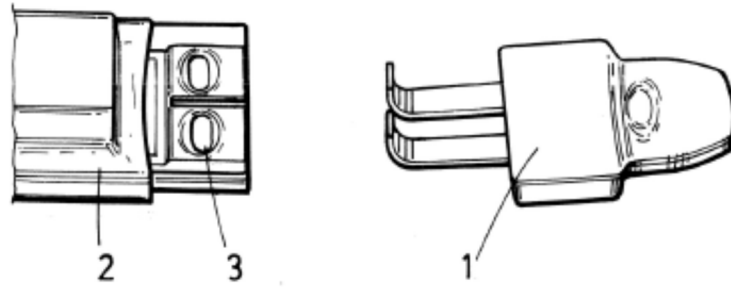


FIG.1

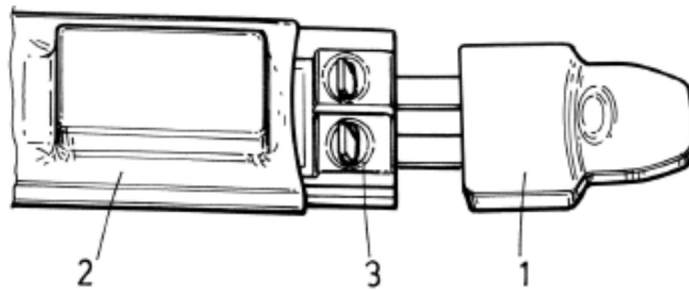


FIG.2

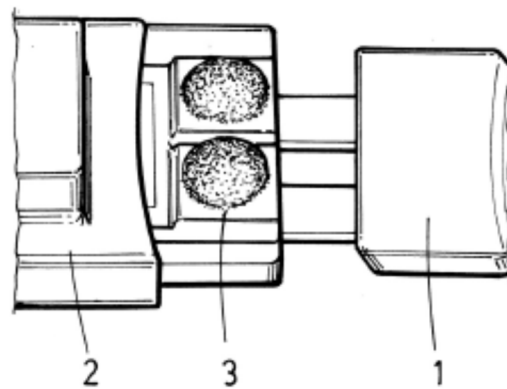


FIG.3

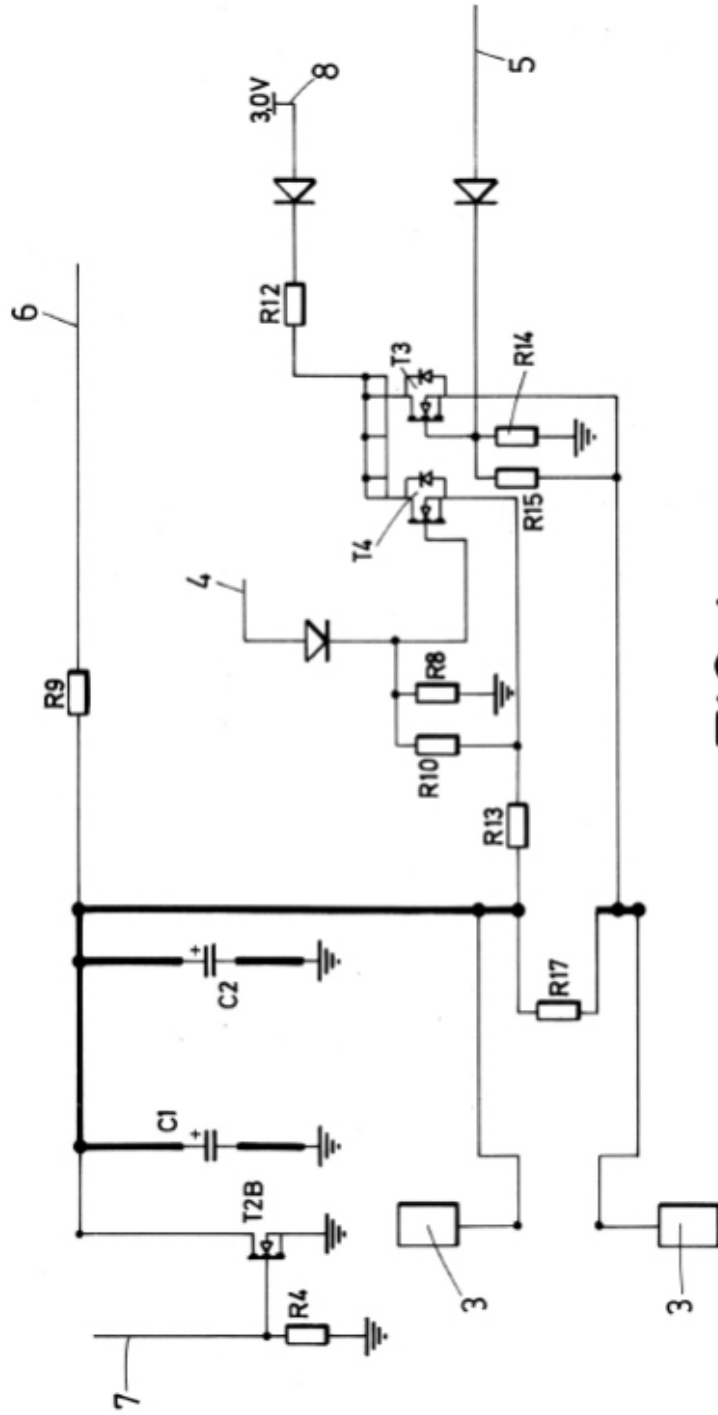


FIG.4