

436300

**P A T E N T E D E I N V E N C I O N**

por VEINTE años

cuyo privilegio se solicita para España,  
sus territorios y plazas de soberanía, a  
favor de:

**CONTRAVES AG**

entidad suiza, domiciliada en Schaffhauserstrasse  
580, 8052 Zurich, Suiza, relativa a:

"PERFECCIONAMIENTOS EN LOS APARATOS CON LEG-  
TURA DIRECTA PARA LA DETERMINACION DEL CAU-  
DAL CIRCULATORIO A TRAVES DEL CORAZON"

\*\*\*\*\*

Inventores: Hermann Gühwiler y Hansjörg Schlaepfer

Prioridad: Solicitud de patente en Suiza nº  
007100/74 de fecha 24 mayo 1974.

**POOR  
QUALITY**

Int. Cl.: <u>A61B</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA

El objeto de la invención es un aparato con lectura directa para la determinación del caudal circulatorio a través del corazón según el método de la termodilución, con dos palpadores de la temperatura conectados a la circulación sanguínea para determinar la temperatura de entrada y de dilución de un líquido inyectado en la circulación sanguínea, cuya temperatura difiere de la temperatura sanguínea. -----

- 5.
10. El principio del método de la termodilución estriba en que se inyecta en la circulación sanguínea un determinado volumen de un líquido, cuya temperatura difiere de la temperatura de la sangre: mediante la medición del curso temporal de la temperatura de la mezcla de sangre y del líquido inyectado se calcula el paso de la sangre según la conocida fórmula de Stewart-Hamilton. Para la determinación del caudal circulatorio a través del corazón, es decir, de la velocidad de paso de la sangre a través del corazón, se elige por ejemplo como lugar para la inyección el atrio derecho (aurícula) y como lugar para la medida de la termodilución la arteria pulmonar; se inyectan por ejemplos 10 ml de líquido frío en el espacio de algunos segundos, lo cual, en un caudal circulatorio a través de corazón a esperar del
- 15.
- 20.

- orden de 10 a 20 l/min. representa una perturbación que carece de importancia; la acción de bombeo del corazón produce un elevado grado de mezcla entre la sangre y el líquido inyectado; se produce desde luego una pérdida de frío en las paredes de los vasos sanguíneos, pero como quiera que el
5. gradiente de temperatura no penetra demasiado profundamente en los tejidos circundantes, las diferencias de temperatura vuelven a compensarse en su mayor parte durante el tiempo de medición por la sangre que sigue fluyendo a continuación,
10. de manera que al final no se pierde frío; y como quiera que los fenómenos de compensación térmica se extienden a lo largo de varios latidos (aproximadamente 10) del corazón, puede substituirse la velocidad de paso temporalmente variable por su valor medio, mediante lo cual se reduce también la
15. influencia de las oscilaciones de la temperatura de la sangre. La temperatura de la sangre oscila particularmente en la arteria pulmonar en 0,05°C aproximadamente en el ritmo de la respiración, lo cual es comparable a una variación de temperatura de 0,3° aproximadamente producida por la inyección de 10 ml de un líquido 15°C más frío. - - - - -
- 20.

- En la configuración de un aparato con lectura directa para la determinación del caudal circulatorio del corazón según el método de la termodilución hay que tener en cuenta determinadas otras influencias perturbadoras. En primer lugar se constatan frecuentemente substanciales variaciones de la temperatura de la sangre cuando se modifica la postura del paciente, por lo cual debe eliminarse el resultado
- 25.

- de la medición. Luego obliga la recirculación de la sangre, es decir, el repetido paso de las mismas partes de la sangre por el punto de medición durante la duración de la misma a la interrupción de la medición al cabo de un tiempo de terminado; sin embargo -como ventaja del método de la termo dilución en comparación con otros métodos conocidos-, la influencia de la recirculación resulta fuertemente disminuída por la acción del cuerpo como termostato, puesto que durante el tiempo de permanencia relativamente largo de la sangre en la zona capilar se produce allí una amplia compensación de la temperatura, habiéndose determinado por otra parte que la llamada recirculación rápida a través de los vasos coronarios en el sistema normal de la circulación sanguínea no produce perturbaciones substanciales de la medición. - - - - -
5. Finalmente se producen fenómenos de compensación entre la temperatura del líquido inyectado y la temperatura de entrada en el catéter; por lo tanto debe determinarse la temperatura del líquido inyectado directamente al producirse su entrada en la circulación sanguínea, con el fin de asegurar un resultado perfecto de la medición de la termodilución.
10. Son conocidos catéteres que presentan una disposición adecuada para la aplicación del método de la termodilución con una entrada para el líquido y dos palpadores de la temperatura. Como palpadores para la temperatura se emplean generalmente termistores o elementos equivalentes sensibles a las temperaturas. Con ello pueden determinarse en lugares adecuados del sistema de la circulación sanguínea sendos valores
- 15.
- 20.
- 25.

res de temperatura de entrada y de temperatura de dilución.--

- En un aparato conocido para la determinación del caudal circulatorio del corazón según el método de la temperatura de dilución, el termistor que mide la temperatura de dilución emite a través de un circuito de puente y un amplificador una tensión como señal que se integra a través del tiempo. De ello puede determinarse entonces la integral de la curva de la temperatura de dilución. En un porcentaje notable de las mediciones, la temperatura de dilución no retorna al valor inicial, de manera que la integración tiene que interrumpirse en un momento empíricamente determinado y debe interpretarse el curso de la curva por el personal especializado con el fin de aceptar o de rechazar la medición. En este aparato no es posible asegurar una lectura directa, una comparabilidad y un manejo por personal de laboratorio no especializado. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.

- En otros aparatos conocidos la evaluación del resultado de la medición es efectuada mediante un computador, y el mismo se programa de tal manera que el momento para la interrupción de la integración, así como la aceptación o el rechazo de la medición lo determina el computador mismo según el curso de la curva de la temperatura de dilución. Se obtiene entonces un resultado cuya lectura debe efectuarse en un voltímetro digital y compararse con un valor de calibración, el cual se produce y se indica de manera separada en el mismo voltímetro digital. El valor de calibración se produce de tal manera que en palpadores de temperatura conectados al
- 20.
- 25.

- aparato los valores de medición correspondientes a la temperatura se modifican en una cuantía previamente conocida, mediante lo cual se simulan modificaciones de temperatura previamente conocidas. Esto se realiza, por ejemplo, mediante
5. la aplicación de una tensión adicional al circuito de puente correspondiente del termistor. Entonces se efectúan manualmente en el aparato los necesarios ajustes para hacer coincidir la indicación con el valor nominal de un caudal circulatorio a través del corazón igualmente conocido de su
10. temano. Es evidente que a pesar de una indicación y una comparabilidad más perfeccionadas, no puede asegurarse el manejo por personal de laboratorio no especializado. - - - - -

- La invención se plantea el problema de crear un aparato de la clase mencionada al principio que pueda ser
15. manejado de manera segura contra el empleo incorrecto por personal de laboratorio no especializado y que proporcione una indicación del caudal circulatorio a través del corazón tan exacta, reproducible y comparable como sea posible. - -

- Para resolver este problema se ha previsto un aparato de la clase mencionada al principio, caracterizado por
20. un cadenciómetro y un desmultiplicador conectado en la salida del primero para la formación de una señal de mando, por dos conversores de temperatura/frecuencia de impulsos con entradas a las que se encuentran conectados sondas palpadores de temperatura, y con salidas conectadas a sondas entradas
25. de un multiplexor, cuya entrada de mando conectada a la salida del desmultiplicador está prevista para la interconexión

- alternativa de la señal desde la una y la otra entrada del multiplexor a su salida en dependencia temporal de la señal de mando, además por un circuito de coincidencia, cuyas entradas están conectadas a la salida del multiplexor y del cadenciómetro y del desmultiplicador, respectivamente, y cuya salida, en la cual aparece en dependencia temporal por una parte de la señal de mando y por otra parte de la señal en la salida del multiplexor la cadencia del cadenciómetro, está conectada con la entrada de un contador, cuya salida está conectada con la entrada de una memoria intermedia,
5. mientras que las entradas de mando del contador y de la memoria intermedia, respectivamente, están conectadas a la salida del desmultiplicador para la suma de todas las secuencias de cadencias alimentadas al contador y para su almacenamiento en dependencia temporal de la señal de mando, y finalmente por un computador digital con dispositivo indicador digital conectado al mismo y con entradas conectadas a la salida de la memoria intermedia y del cadenciómetro y del desmultiplicador, respectivamente. - - - - -
- 10.
- 15.
20. Preferentemente se ha previsto en por lo menos un conversor de temperatura/frecuencia de impulsos, una entrada de mando para la modificación de una frecuencia de impulsos correspondiente a la temperatura, y esta entrada de mando está conectada a una salida del computador. - - - - -
25. Ventajosamente se han previsto en un conversor de temperatura/frecuencia de impulsos una pluralidad de entradas de mando, las cuales están conectadas a sendas salidas

del computador para conseguir diversas modificaciones de la frecuencia de impulsos por las señales del computador. - -

5. En una configuración preferente del multiplexor, este último está destinado y configurado de tal manera que durante cada semiperíodo de la señal de mando transmite alternativamente a su salida las señales que llegan a la una y a la otra de sus entradas. - - - - -

10. En una configuración preferente del circuito de coincidencia, este último está destinado y configurado de tal manera que durante cada semiperíodo de la señal de mando y durante un número previamente establecido de períodos de la señal del multiplexor transmite la cadencia del cadenciómetro a su salida. - - - - -

15. En una configuración ventajosa de la memoria intermedia, esta última está dispuesta dentro del computador como memoria de trabajo del mismo. - - - - -

20. Un aparato así puede fabricarse con un precio razonable mediante la utilización de circuitos electrónicos corrientes. En el catéter pueden utilizarse palpadores potestativos de la temperatura, debido a que los valores característicos de los mismos se introducen en el computador, el cual efectúa las conversiones y correcciones que sean necesarias. El computador comprueba también constantemente la capacidad de funcionamiento del aparato, de manera que por ejemplo cuando se produce un deterioro en el catéter se produce una señal de aviso

25.

que permite interrumpir la medición y evitar por consiguiente dolores al paciente. - - - - -

A continuación se describe la invención más detalladamente a la luz de los planos. Los planos muestran: - -

5. La Fig. 1 un diagrama que muestra una curva de medición típica, tal como se obtiene en el palpador de la temperatura de dilución en el procedimiento de termodilución.

10. La Fig. 2 un diagrama que muestra la curva de medición de la temperatura de entrada simulada en la operación de calibración. - - - - -

La Fig. 3 un diagrama que muestra la curva de medición de la temperatura de dilución simulada en la operación de calibración. - - - - -

15. La Fig. 4 un esquema de conexiones de bloques de un modo de ejecución del aparato. - - - - -

La Fig. 5 un esquema de conexiones de bloques de una configuración del circuito de coincidencia. - - - - -

20. El principio del método de la termodilución fue descrito de manera escueta al principio. La presente invención estriba en la observación de que para eliminar la mayoría de los efectos perturbadores hay que determinar por una parte la cantidad de frío aportada a la circulación sanguínea del paciente, y que por otra parte la curva de medición

Obtenida para la temperatura de dilución debe satisfacer de terminados criterios para permitir una evaluación correcta de la misma. Se ha demostrado que las curvas de medición presentan ciertos trazos comunes entre un paciente y otro,

5. de lo cual resultó evidente que era necesario derivar los criterios por el desarrollo de las curvas, tal como se explica a continuación a la luz de la Fig. 1. - - - - -

En la Fig. 1 se representa el desarrollo de la temperatura  $T_D$  de dilución después de inyectar un líquido frío, en función del tiempo  $t$ . La inyección se efectúa en el momento  $t_0$ . La temperatura tiene una oscilación máxima  $A$  en el momento  $t_A$ . Mediante estos datos puede dibujarse una "ventana" sobre el diagrama, la cual está delimitada como rectángulo por las abscisas  $t_1$  y  $t_2$ , así como por las ordenadas  $+T_P$  y  $-T_P$ , rigiendo con las constantes  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$ , determinadas experimentalmente y por una sola vez, los siguientes cálculos:  $t_1 = (1 + k_1)t_A$ ;  $t_2 = (1 + k_2)t_A$ ;  $T_P = k_3A$ . Se ha demostrado que una curva de temperatura de dilución, para poder permitir una medición aceptable del caudal de circulación a través del corazón, tiene que encontrarse durante una duración determinada dentro de esta "ventana". En la Fig. 1 es aceptable la curva dibujada mediante una línea de trazo continuo, no siendo aceptables las curvas dibujadas con líneas de trazos cortados. - - - - -

25. A la luz de las Figs. 2 y 3 se explica la operación de ensayo para el control de la capacidad de funcionamiento del aparato y para la calibración del aparato para la

- lectura directa. Se simula un paciente con un caudal de circulación a través del corazón previamente conocido que recibe una inyección de un líquido frío y en el que se mide tanto la temperatura de entrada como la temperatura de dilución.
5. En la Fig. 2 se muestra el desarrollo de la temperatura simulada  $T_E$  de entrada como función del tiempo  $t$  mediante una línea de trazo continuo; una curva de medición efectiva mostraría aproximadamente el desarrollo mostrado por la línea de trazos cortados. La inyección se efectúa en el momento
10.  $t_0$  y termina en el momento  $t_1$ . En la Fig. 3 se ha dibujado el desarrollo de la temperatura simulada  $T_D$  de dilución como función del tiempo  $t$  mediante una línea de trazo continuo; una curva de medición efectiva correspondiente mostraría aproximadamente el desarrollo dibujado con la línea de
15. trazos cortados. La subida de la temperatura simulada de dilución empieza en el momento  $t_0$  y el desarrollo de su amplitud y de su tiempo se han elegido de tal manera que en combinación con la temperatura simulada de entrada se cumplen los
20. criterios para una medición aceptable y la integral de la temperatura simulada de dilución presenta un valor determinado, el cual está almacenado y sirve como valor de calibración.

- En la Fig. 4 el catéter está simbolizado en el esquema de conexiones de bloques mediante un marco 1 dibujado con una línea de trazos cortados. Los dos palpadores de temperatura que se encuentran en el mismo son preferentemente
25. termistores; el termistor 10 mide la temperatura de entrada y el termistor 20 mide la temperatura de dilución. El termis

- tor 10 está conectado a un conversor 11 de temperatura/frecuencia de impulsos y el termistor 20 está conectado a un conversor 21 de temperatura/frecuencia de impulsos. Los conversores 11 y 21 comprenden preferentemente osciladores de Wien, los cuales presentan en una de las derivaciones puente los termistores correspondientes, acoplados de modo transformatorio. La forma deseada de la dependencia de la duración de los períodos de la temperatura de los termistores pueda conseguirse mediante resistencias de compensación adecuadas. Preferentemente se asegura en el conversor 11 una dependencia lineal y en el conversor 21 una dependencia exponencial. La frecuencia de los osciladores importa 1300 Hz aprox. a 25°C. En los conversores sigue al oscilador de Wien una etapa de limitador. En los conversores se han previsto entradas de mando, a través de las cuales pueden modificarse las frecuencias de los osciladores. Desde un computador digital 2, el cual se describirá más adelante, con dispositivo 3 de indicación digital, se alimentan estas entradas de mando para la ejecución de la operación del ensayo. En una ejecución preferente, la comunicación entre el computador 2 y el conversor 21 comprende dos líneas, para que mediante la activación adecuada de la una o de la otra o de las dos líneas se produzca cada vez un determinado desplazamiento de frecuencia, de manera que durante la operación del ensayo pueda obtenerse de manera sencilla la forma de la curva según la Fig. 3. Debido a que en el computador 2 se evalúan las modificaciones relativas de la duración de los períodos y no la duración absoluta de los períodos, queda asegurado
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

que la operación de ensayo con el catéter pueda efectuarse tanto in situ a la temperatura de la sangre como también a la temperatura ambiente interior. La operación de ensayo comprende en todo caso la capacidad de funcionamiento de la parte eléctrica del catéter, pero no, por motivos de coste, la sensibilidad a la temperatura de los termistores. - - - -

En su conjunto, el aparato está dominado por la cadencia de un cadenciómetro 4, cuya salida está conectada con la entrada de un desmultiplicador 5 para la formación de una señal de mando. Preferentemente, el cadenciómetro 4 produce una cadencia de 750 KHz, y de esta última se forma la señal de mando mediante una desmultiplicación en una proporción de 1:65536 y se suministra la misma a la salida del desmultiplicador. - - - - -

Las salidas de los conversores 11 y 21 están conectados con sendas entradas de un multiplexor 6, cuya entrada de mando está conectada con el desmultiplicador 5 para la alimentación con la señal de mando. El multiplexor funciona como un conmutador que transmite durante cada semiperíodo de la señal de mando alternativamente las señales del conversor 11 y del conversor 21 a un circuito 7 de coincidencia, con una de cuyas entradas se encuentra conectada la salida del multiplexor 6. Una segunda entrada del circuito 7 de coincidencia está conectada con la salida del cadenciómetro 4 y una tercera entrada del circuito 7 de coincidencia está conectada a la salida del desmultiplicador 5. El circuito de coincidencia está destinado y configurado para hacer aparecer

- en cada semiperíodo de la señal de mando y durante un número predeterminado de períodos de la señal del multiplexor 6 la cadencia del cadenciómetro 4 en su salida. Preferentemente la cadencia se transmite durante 31 períodos enteros de la señal multiplex. De esta manera se efectúa la exploración de la duración de los períodos de la frecuencia de impulsos procedente de los conversores 11 6 21 interconectada cada vez por el multiplexor, a saber, como valor medio de 31 períodos. A una frecuencia de impulsos de 1400 Hz aprox. a 37°C aparecen aproximadamente 16000 impulsos por exploración, lo cual da como resultado para la determinación de la temperatura de entrada a una sensibilidad de 0,5%/°C en el termistor una resolución de 0,012°C aprox., mientras que para la temperatura de dilución a una sensibilidad de 0,9%/°C en el termistor se alcanza una resolución de 0,007°C aproximadamente. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.

Como ejemplo de una configuración del circuito 7 de coincidencia se ha representado en la Fig. 5 un circuito en un esquema de conexiones de bloques. Un contador binario 71 de cinco cifras recibe en su entrada la señal de salida del multiplexor 6. En las cinco salidas paralelas del contador 71 aparece en el sistema binario de cifras "módulo 32" el número de los períodos contados de la señal del multiplexor 6. Las salidas del contador 71 están conectadas con sendas entradas de una puerta NOR 72, de manera que en la salida de la puerta NOR 72 sólo aparece el estado "L", cuando en la salida del contador 71 aparece el estado "00000". El estg

20.

25.

- de en la salida de la puerta NOR 72 es transmitido a la entrada de mando de un monovibrador 73, el cual emite en su salida un impulso "L" cuando el estado en la salida de la puerta NOR 72 conmuta de "0" a "L". Este impulso "L" en la salida del monovibrador 73 es transmitido a la entrada de posicionamiento de un flip-flop 74, cuya salida está conectada a su vez con la entrada de retroceso del contador 71. Por lo tanto queda retenido un impulso "L" en la salida del monovibrador 73 como estado "L" en la salida del flip-flop 74, mediante lo cual el contador 71 queda bloqueado por el estado "L" en su entrada de retroceso y mantenido en la indicación "00000" del contador. Esto sucede cada vez que la indicación del contador 71 después de contar 31 períodos de la señal del multiplexor 6 al contar el período siguiente retrocede al estado "00000". En otras palabras, el contador 71 cuenta un período de cifras "módulo 32" y vuelve a detenerse entonces nuevamente en el estado "00000". - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.

- La entrada de retroceso del flip-flop 74 está conectada con sendas salidas de dos monovibradores 75 y 76, a cuyas entradas se transmite la señal de mando del desmultiplicador 5, a saber, en el monovibrador 75 de manera directa, y en el monovibrador 76 después de una inversión de la señal de mando en la puerta NOR 77. Por lo tanto, al comienzo de cada semiperíodo de la señal de mando se produce alternativamente en el uno y en el otro monovibrador 75 ó 76 un impulso "L", el cual hace retroceder el flip-flop 74 al estado "0" en la salida del mismo, a continuación de lo cual co-
- 20.
- 25.

mienza en el contador 71 la operación de contar. - - - - -

- De lo que antecede se desprende que poco después del comienzo de cada semiperíodo de la señal de mando, tan pronto como se ha contado un período de la señal del multiplexor 6 en el contador 71, aparece el estado "0" en la salida de la puerta NOR 72 y queda conservado en la misma hasta que se han contado 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6, a continuación de lo cual vuelve el estado "1" en la salida de la puerta NOR 72. El estado en la salida de la puerta NOR 72 es transmitido, después de una inversión en la puerta NOR 73, una de las entradas de una puerta AND 79, a cuya otra entrada se transmite la cadencia del cadenciómetro 4. Por consiguiente aparece en la salida de la puerta AND 79 la cadencia del cadenciómetro 4 dentro de cada semiperíodo de la señal de mando durante 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6. - - - - -
5. salida de la puerta NOR 72 y queda conservado en la misma hasta que se han contado 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6, a continuación de lo cual vuelve el estado "1" en la salida de la puerta NOR 72. El estado en la salida de la puerta NOR 72 es transmitido, después de una inversión en la puerta NOR 73, una de las entradas de una puerta AND 79, a cuya otra entrada se transmite la cadencia del cadenciómetro 4. Por consiguiente aparece en la salida de la puerta AND 79 la cadencia del cadenciómetro 4 dentro de cada semiperíodo de la señal de mando durante 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6. - - - - -
10. salida de la puerta NOR 72 es transmitido, después de una inversión en la puerta NOR 73, una de las entradas de una puerta AND 79, a cuya otra entrada se transmite la cadencia del cadenciómetro 4. Por consiguiente aparece en la salida de la puerta AND 79 la cadencia del cadenciómetro 4 dentro de cada semiperíodo de la señal de mando durante 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6. - - - - -
15. salida de la puerta AND 79 la cadencia del cadenciómetro 4 dentro de cada semiperíodo de la señal de mando durante 31 períodos completos de la señal del multiplexor 6. - - - - -

- Las secuencias de impulsos producidas en el circuito 7 de coincidencia se suman en un contador 8 conectado en la salida del circuito 7 de coincidencia. Una entrada de mando del contador 8 está conectada con la salida del demultiplicador 5. Al principio de cada semiperíodo de la señal de mando, el contador 8 se encuentra dispuesto a empezar a funcionar con la indicación cero y a continuación cuenta el número de los impulsos en la secuencia de impulsos que llega a su entrada. En el tiempo restante hasta el final del semiperíodo correspondiente de la señal de mando aparece la indicación del contador en la salida del contador 8, a conti-
20. Al principio de cada semiperíodo de la señal de mando, el contador 8 se encuentra dispuesto a empezar a funcionar con la indicación cero y a continuación cuenta el número de los impulsos en la secuencia de impulsos que llega a su entrada. En el tiempo restante hasta el final del semiperíodo correspondiente de la señal de mando aparece la indicación del contador en la salida del contador 8, a conti-
25. En el tiempo restante hasta el final del semiperíodo correspondiente de la señal de mando aparece la indicación del contador en la salida del contador 8, a conti-

nuación se borra la indicación del contador y la operación se repite con el siguiente semiperíodo de la señal de mando. La salida del contador 8 está conectada con la entrada de una memoria intermedia 9 que recoge la indicación correspondiente del contador y la almacena durante un semiperíodo de la señal de mando. Para este fin, una segunda entrada de la memoria intermedia 9 está conectada con la salida del demultiplicador 5. La salida de la memoria intermedia 9 está conectada con el computador digital 2, alimentándose aquí al computador los datos de medición a procesar. La acción conjunta del contador 8 y de la memoria intermedia 9 permite por una parte alargar a un semiperíodo de la señal de mando la duración disponible para que se efectúe la lectura de la indicación correspondiente del contador por el computador, y por otra parte los datos se codifican en la memoria intermedia 9 de modo directamente legible para el computador y se almacenan en dicho código: por ejemplo, una indicación del contador de 16 bits se descompone en 4 palabras de 4 bits, con el fin de que el computador efectúe la lectura con 4 palabras en serie y 4 bits en paralelo. Para este fin, la memoria intermedia 9 está preferentemente configurada como registro de desplazamiento, el cual está contenido en el computador 2 como memoria de trabajo del mismo. - - - - -

25. Todos los circuitos que se acaban de mencionar están compuestos por elementos corrientes en el mercado, y las funciones lógicas descritas pueden montarse con estos

elementos por el especialista generalmente de maneras diferentes, las cuales están contenidas todas ellas en la idea de la invención. También el dispositivo de indicación digital que puede activarse por un computador es ya conocido y no es necesario describirlo en detalle. - - - - -

5.

Tal como se ha mencionado ya, el computador digital 2 está conectado en una entrada con la salida de la memoria intermedia 9. En una segunda entrada, el computador 2 está conectado con la salida del desmultiplicador 5 y en una tercera entrada con la salida del cadenciómetro 4. Una salida del computador 2 está conectada con la entrada del aparato indicador digital 3, y dos otras salidas del computador 2 están conectadas con sendas entradas del conversor 11 y 21 de temperatura/frecuencia de impulsos, comprendiendo preferentemente la comunicación que conduce desde el computador 2 hacia el conversor 21 dos líneas, tal como se ha mencionado ya con anterioridad, sirviendo cada vez una de ellas para seleccionar un determinado desplazamiento de frecuencia del conversor 21. - - - - -

10.

15.

20.

El computador digital 2 puede ser tanto un computador universal dirigido mediante instrucciones de programa como también un computador especializado programado de manera fija; con las dos variantes pueden conseguirse las necesarias secuencias lógicas, de modo que las dos variantes están contenidas en la idea de la invención. El computador está equipado con los circuitos necesarios, para recibir de la persona que lo maneja las instrucciones de trabajo como

25.

- "puesta en marcha", "ensayo", "medición", "paro" y también datos como el volumen de líquido inyectado, y por otra parte para señalar estados de funcionamiento como "estado en disposición de funcionar", "criterios cumplidos para la disposición de medición", "desarrollo de ensayo", "desarrollo de medición", "criterios no cumplidos para el resultado de la medición". - - - - -
- 5.

- Para poder calcular el caudal circulatorio a través del corazón se requieren las diferencias de la temperatura de entrada y la temperatura de dilución respecto a sus valores en la temperatura de reposo, es decir, fuera de las modificaciones producidas por la inyección. Debido a que la sensibilidad de los palpadores de la temperatura se expresa como proporción, particularmente cuando se emplean termistores, por ejemplo en  $\%/^{\circ}\text{C}$ , no es necesario el conocimiento de la temperatura de la sangre como valor absoluto. En el computador se tiene en cuenta durante el curso del programa de cálculo para las diferencias de temperatura la curva característica previamente conocida de los palpadores de la temperatura. Según el precio y el gasto de manejo admisible pueden elegirse los palpadores de la temperatura según una curva característica previamente establecida, o la corrección de la curva característica prevista en el programa de cálculo puede adaptarse en cada cambio de los palpadores de la temperatura a su curva característica que tiene que determinarse de nuevo o previamente conocida. - - - - -
- 10.
  - 15.
  - 20.
  - 25.

El cálculo del caudal circulatorio a través del co

razón según la fórmula de Stuart-Hamilton se efectúa en virtud de los datos establecidos por el computador o situaciones o introducidos en el mismo de acuerdo con la fórmula siguiente: - - - - -

$$F = \frac{c_i \epsilon_i V_i M_E K_E}{c_b \epsilon_b J_D dt K_D} \cdot \frac{60}{1000}$$

5. en donde los signos de la misma significan lo siguiente: -

- $c_i$  calor específico del líquido inyectado - - - - -
- $c_b$  valor específico de la sangre - - - - -
- $\epsilon_i$  peso específico del líquido inyectado - - - - -
- $\epsilon_b$  Peso específico de la sangre - - - - -
- 10.  $V_i$  volumen inyectado, eventualmente simulado - - - - -
- $M_E$  Valor máximo de la diferencia entre la temperatura de entrada y su valor medio, eventualmente simulado
- $J_D$  valores acumulados de la diferencia entre la temperatura de dilución y su valor medio, eventualmente simulado
- 15.  $dt$  duración de un período de palpación - - - - -
- $K_E$  pendiente de la curva característica de la duración del período/temperatura para el palpador de la temperatura de entrada - - - - -
- 20.  $K_D$  pendiente de la curva característica de la duración del período/temperatura para el palpador de la temperatura de dilución - - - - -

El factor  $\frac{60}{1000}$  equivale a la indicación del cau

del circulatorio a través del corazón en l/min con introducción de todos los datos en unidades centímetro-gramo-segundo. - - - - -

5. El programa de cálculo comprende un programa previo, un programa de medición y un programa de ensayo. Prescindiendo de los pasos evidentes como por ejemplo el registro o el borrado de indicaciones y de condiciones iniciales, estos programas comprenden los siguientes pasos principales.

10. Programa previo: Sincronización a los semiperíodos de las señales de mando para distinguir entre las indicaciones de la temperatura de entrada y la temperatura de dilución, formación del valor medio para la temperatura de entrada, cálculo de la diferencia entre la temperatura de entrada y su valor medio, ensayo de los criterios para la constancia de la temperatura de entrada, formación del valor medio para la temperatura de dilución, cálculo de la diferencia entre la temperatura de dilución y el valor medio de la misma, ensayo de los criterios para la constancia de la temperatura de dilución. - - - - -

20. Programa de medición: cálculo de la diferencia entre la temperatura de entrada y el valor medio de la misma, detección del salto de la temperatura en la temperatura de entrada, medición del tiempo, detección del valor máximo de la diferencia de la temperatura de entrada, cálculo de la diferencia entre la temperatura de dilución y el valor medio de la misma, integración temporal de la diferencia de

25.

- la temperatura de dilución, detección del valor máximo de la diferencia de la temperatura de dilución, cálculo de los límites temporales y de amplitud de la "ventana" para la aceptación de la medición, ensayo del número de puntos de medición en la "ventana" como criterio para la aceptación de la medición, cálculo del caudal circulatorio a través del corazón. - - - - -
- 5.

- Programa de ensayo: medición del tiempo, elección de los valores simulados de la temperatura, ejecución del programa de medición a partir de la medición del tiempo. - - - - -
- 10.

N O T A

Se declaran de novedad y propiedad para España, sus territorios y plazas de soberanía, las siguientes: - -

- 15.

R E I V I N D I C A C I O N E S

- 1.- Perfeccionamientos en los aparatos con lectura directa para la determinación del caudal circulatorio a través del corazón, según el método de la termodilución, con dos palpadores de la temperatura conectados a la circulación sanguínea para determinar la temperatura de entrada y de dilución de un líquido inyectado en la circulación sanguínea, cuya temperatura difiere de la temperatura sanguínea, caracterizados por un cadenciómetro (4) y un desmultiplicador (5) conectado en la salida del primero para la fog
- 20.

- mación de una señal de mando, por dos conversadores (11, 21) de temperatura/frecuencia de impulsos con entradas a las que se encuentran conectadas sendos palpadores (10, 20) de temperatura, y con salidas conectadas a sendas entradas de un multiplexor (6), cuya entrada de mando conectada a la salida del desmultiplicador (5) está prevista para la interconexión alternativa de la señal desde la una y la otra entrada del multiplexor a su salida en dependencia temporal de la señal de mando, además por un circuito (7) de coincidencia, cuyas entradas están conectadas a la salida del multiplexor (6) y del cadenciómetro (4) y del desmultiplicador (5) respectivamente, y cuya salida, en la cual aparece en dependencia temporal por una parte de la señal de mando y por otra parte de la señal en la salida del multiplexor (6) la cadencia del cadenciómetro (4), está conectada con la entrada de un contador (8), cuya salida está conectada con la entrada de una memoria intermedia (9), mientras que las entradas de mando del contador (8) y de la memoria intermedia (9), respectivamente, están conectadas a la salida del desmultiplicador (5) para la suma de todas las secuencias de cadencias alimentadas al contador (8) y para su almacenamiento en dependencia temporal de la señal de mando, y finalmente por un computador digital (2) con dispositivo indicador digital (3) conectado al mismo y con entradas conectadas a la salida de la memoria intermedia (9) y del cadenciómetro (4) y del desmultiplicador (5), respectivamente. - - - -
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1,

caracterizados porque en por lo menos un conversor de temperatura/frecuencia de impulsos se ha previsto una entrada de mando para modificar una frecuencia de impulsos correspondiente a una temperatura, estando conectada esta entrada de mando a una salida del computador. - - - - -

5.

3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque se ha previsto en un conversor de temperatura/frecuencia de impulsos una pluralidad de entradas de mando, las cuales están conectadas a varias salidas del computador para obtener diversas modificaciones de la frecuencia de impulsos por las señales del computador. - - - -

10.

4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el multiplexor está destinado y configurado de tal manera que durante cada semiperíodo de la señal de mando transmitida alternativamente a su salida las señales que llegan a la una y a la otra de sus entradas. -

15.

5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el circuito de coincidencia está destinado y configurado de tal manera que durante cada semiperíodo de la señal de mando y durante un número previamente establecido de períodos de la señal del multiplexor transmite la cadencia del cadenciómetro a su salida. - - - - -

20.

6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la memoria intermedia 9 está dispuesta dentro del computador 2 como memoria de trabajo del mismo.

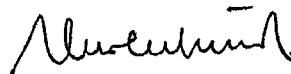
25.

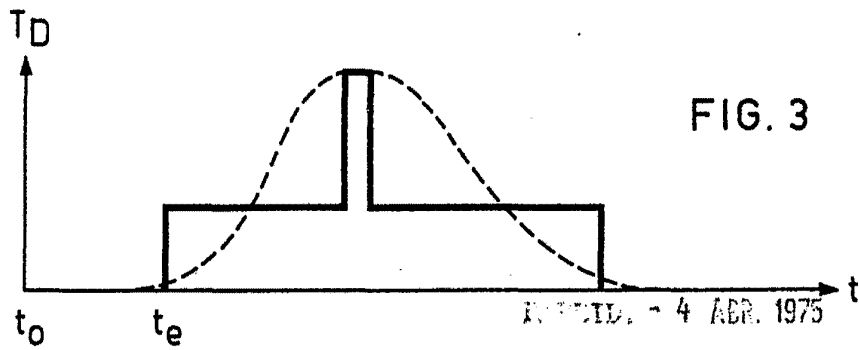
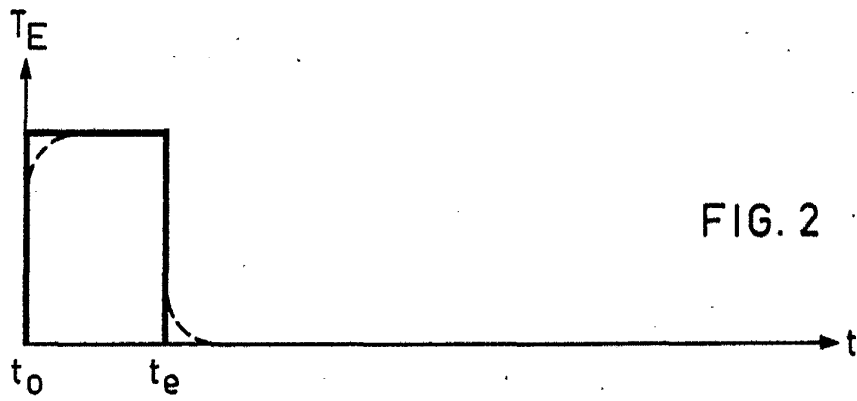
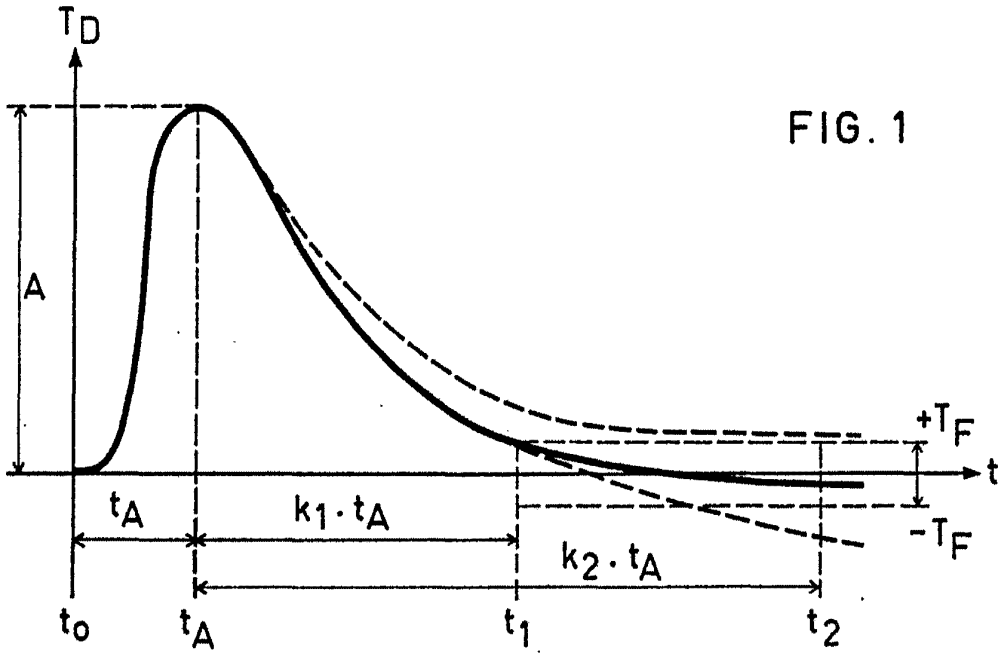
7.- "PERFECCIONAMIENTOS EN LOS APARATOS CON LEG  
TURA DIRECTA PARA LA DETERMINACION DEL CAUDAL CIRCULATORIO  
A TRAVES DEL CORAZON". - - - - -

5. Todo ello conforme se describe y reivindica en la  
presente memoria que consta de veinticinco hojas foliadas y  
mecanografiadas por una sola de sus caras y de 3 láminas de  
dibujos que la ilustran.

MADRID, - 4 ABR. 1975

P. A. M. CURELL SUÑOL





REVISADO - 4 ABR. 1975

ELABORADO POR M. CURELL SUÑOI

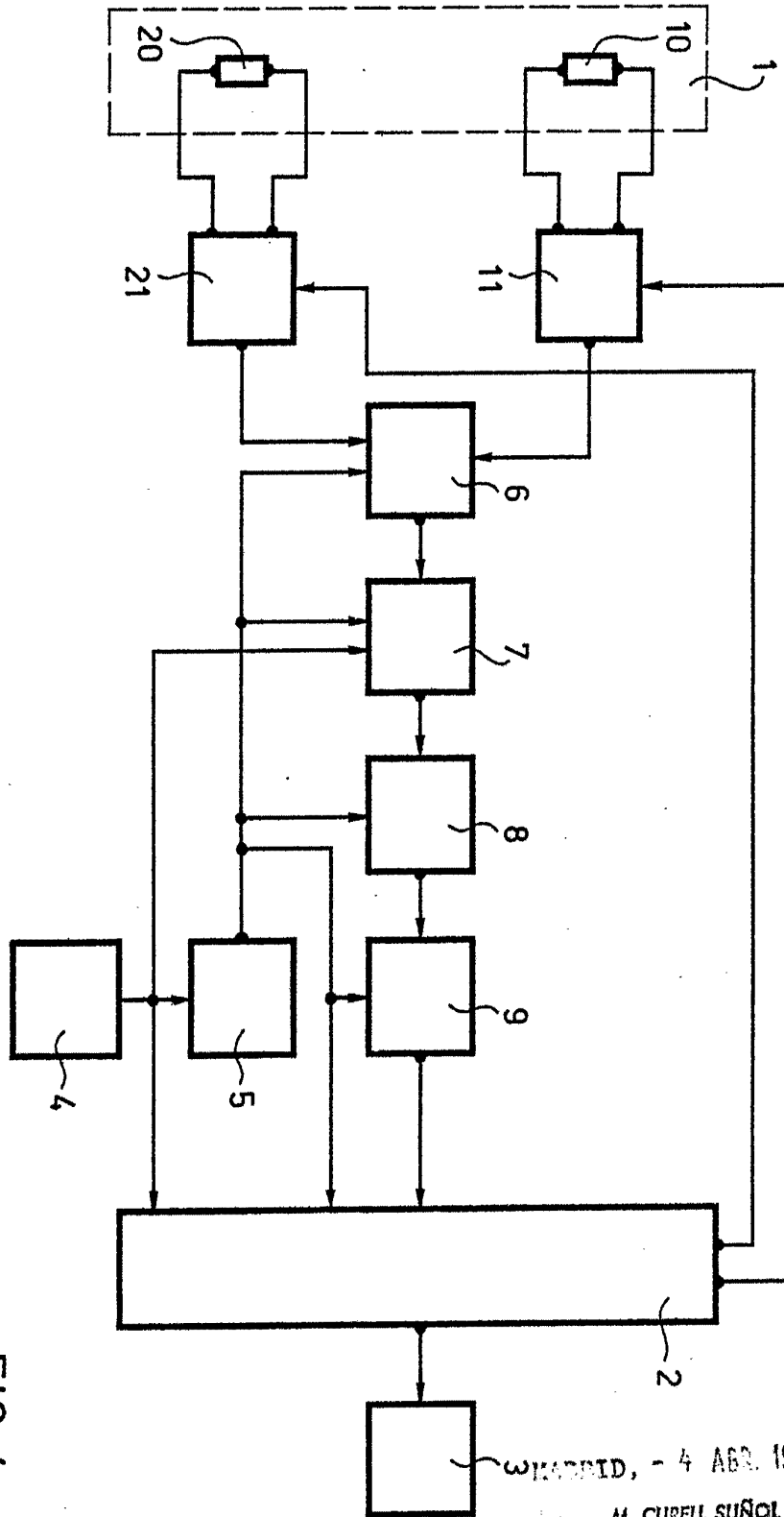


FIG. 4

WARRANTED, - 4 ABR. 1975  
M. CURELL SUÑOL

*[Handwritten signature]*

