



PATENTE DE INTRODUCCION

423169

Int. Cl.²: G06K

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"SISTEMA DIGITAL ELECTRONICO DE PROGRAMA REGISTRADO, CON SU
CORRESPONDIENTE EQUIPO, PARA EL CONTROL DIGITAL DIRECTO
DE PROCESOS INDUSTRIALES"

Solicitante: NUOVO PIGNONE S.p.A.,

Entidad italiana, establecida en

FIRENZE (Italia), Via Matteucci, 2.

423169

-5-



La presente invención se refiere a un sistema digital electrónico de programa registrado, con su correspondiente equipo, para el control digital directo de procesos industriales.

5 Es sabido que el control digital directo de una instalación industrial supone el empleo de equipos o sistemas digitales en sustitución parcial o completa de los instrumentos de control y medición analógicos utilizados corrientemente para mantener la instalación dentro de las condiciones deseadas
10 de trabajo. Estos instrumentos comprenden generalmente aparatos para la medición de magnitudes físicas tales como temperatura, presión, velocidad de flujo, etc., transmisores de las medidas arriba citadas, registradores, controladores automáticos, dispositivos actuadores tales como válvulas de ajuste,
15 servomotores, etc.

También es ya sabido que las funciones de los instrumentos arriba mencionados, naturalmente con excepción de los aparatos de medición y de los dispositivos actuadores, pueden encomendarse a calculadores digitales electrónicos denominados
20 ordenadores de procesos, con el fin de lograr mejores resultados tales como, por ejemplo, una mayor exactitud, la posibilidad de llevar a cabo procesos mucho más complejos que los realizables mediante instrumentos convencionales, etc.

El empleo, ahora ampliamente difundido, de ordenadores
25 de programa registrado y por tanto apropiados para fines generales produce una concentración en un sistema individual tanto de las funciones del control digital directo, siendo dichas



funciones de inferior jerarquía y nivel matemático (adquisición de los datos de las instalaciones, transformación de los datos obtenidos en unidades técnicas, aplicación de los algoritmos de control, transmisión de las órdenes a los dispositivos actuadores, etc.) pero teniendo una característica periódica de frecuencia relativamente alta, como también de las funciones de superior jerarquía y nivel matemático (control adaptable, optimización, identificación de modelos, control de puesta en marcha y paro, etc.) pero con una periodicidad relativamente baja.

Desde este punto de vista es evidente que el procesado en tiempo real (es sabido que la elaboración o el procesado de los datos en tiempo real significa la posibilidad de obtener los resultados de un tal procesado dentro de un corto tiempo con relación a la duración del fenómeno al que se refieren los datos que deben ser procesados, es decir a tiempo para permitir una intervención en dicho fenómeno) de una gran cantidad de informaciones dihomogéneas requiere sistemas operativos altamente complicados en el ordenador y, por consiguiente, una capacidad y un costo muy elevados de la máquina.

De acuerdo con el procedimiento arriba citado existe además la necesidad de utilizar personal técnico particularmente entendido en la materia, tanto para escribir los programas de los ordenadores como para la aplicación subsiguiente de los mismos.

El objeto de la presente invención consiste en un sistema digital electrónico apropiado para llevar a cabo un cierto

423169

-5



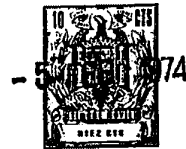
número de funciones típicas de un control digital directo (una relación de tales funciones se dará a continuación a título de ejemplo), de acuerdo con un programa de procesamiento relativamente rígido que se halla contenido (registrado) de forma permanente en el interior del equipo, en una memoria denominada "memoria únicamente de lectura". En este sistema algunos programas funcionales estandarizados están dispuestos de acuerdo con una secuencia apropiada de procesamiento.

Para cada medición (entrada) procedente del proceso existe la posibilidad de seleccionar de la secuencia completa de funciones la secuencia apropiada para cada medición particular, de modo que la programación queda reducida a una simple selección de funciones.

La información completa referente a dicha selección es almacenada en forma de solo dos palabras de 12 bits en la memoria principal y es introducida directamente a través del pupitre de mando del proceso mediante un simple teclado.

Este concepto del control digital directo presenta las siguientes particularidades con respecto al concepto tradicional mencionado previamente:

- una mayor velocidad, ya que las instrucciones que constituyen el programa no están contenidas en una memoria convencional de lectura-registro cuya velocidad, como es sabido, determina la velocidad de todo el sistema;
- una menor complejidad de los circuitos, ya que la estructura lógica del equipo está concebida expresamente para las funciones previstas y no para una gene-



- ralidad de funciones tal como es el caso en un ordenador del tipo de "finalidad general";
- una ausencia absoluta de la necesidad de un sistema operativo y de una programación por personal técnico
- 5 entendido en la materia, ya que el flujo de informaciones y particularmente la asignación de direcciones en la memoria son controlados exclusivamente por el equipo, pues todos los posibles acontecimientos han sido previstos en dicho equipo;
- la posibilidad de conexión a un ordenador del tipo de
- 10 "finalidad general", al cual se encomiendan únicamente las funciones de superior jerarquía y nivel matemático, obteniéndose como consecuencia una menor complejidad de la programación y un tamaño más pequeño de la máquina.
- 15 Los sistemas digitales para controlar directamente los procesos suelen estar provistos de un ordenador de procesos del tipo de "finalidad general" y, por consiguiente, la estructura esquemática del sistema completo es similar a la ilustrada en la Fig. 1 a título de ejemplo.
- 20 Además de los elementos de comunicación desde y hacia el proceso y además del operador, existe el ordenador propiamente dicho subdividido en tres bloques funcionales: una unidad de procesamiento, una memoria de trabajo y una memoria de masa. En efecto, en ordenadores de programa registrado
- 25 rirse una memoria de alta capacidad (memoria de masa) ya que existe un elevado número de informaciones que constituyen el sistema operativo de tiempo real, es decir el conjunto indis-

423169



pensable de instrucciones y subprogramas que manipulan el tiempo de la máquina controlando la secuencia de acuerdo con la cual se efectúan los diferentes programas de utilidad, estando almacenados por su parte estos programas en otras 5 zonas de la memoria, y verificando las prioridades de dichos programas también cuando se producen o no ciertos acontecimientos en el exterior del ordenador propiamente dicho. Para una definición más detallada del término "sistema operativo" se hace referencia a P.B. Jordain - Condensed Computer 10 Encyclopedia - Mc Graw-Hill 1969 - pág. 354 y siguientes.

En base de lo antedicho se comprenderá que la gran flexibilidad de trabajo de los ordenadores del tipo de "finalidad general" requiere el empleo de memorias de tamaños considerables incluso cuando deban procesarse relativamente pocos datos 15 y los procesamientos que deban efectuarse sean prácticamente repetitivos y sencillos, tal como ocurre con el control digital directo.

El sistema según la presente invención comprende una estructura de bloque tal como la ilustrada en la Fig. 2, 20 existiendo diferencias con respecto a la Fig. 1 únicamente en lo que se refiere a la estructura de bloque del ordenador.

En dichas figuras:

- 1 representa la memoria de masa;
- 2 representa la memoria de trabajo;
- 25 3 representa los dispositivos de entrada;
- 4 representa la unidad de procesamiento;
- 5 representa el dispositivo impresor;



- 6 representa el dispositivo impresor;
- 7 representa el pupitre de mando del operador;
- 8 representa los dispositivos de salida;
- 9 representa el grupo de acciones que controlan el
- 5 proceso;
- 10 representa la memoria de únicamente lectura; y
- 11 representa la entrada de las mediciones procedentes del proceso.

El ordenador puede subdividirse, de hecho, en los siguientes

10 tes bloques funcionales:

- una unidad de procesamiento esencialmente análoga a la de los ordenadores del tipo de "finalidad general", pero adaptada a las necesidades particulares del sistema de programa registrado;
- 15 - una memoria de trabajo de tipo convencional que se utiliza, sin embargo, de manera limitada para el almacenamiento de datos numéricos (datos variables o constantes), mientras que en los computadores de "finalidad general" la mayor parte de la memoria se utiliza para
- 20 almacenar tanto los sistemas operativos como los programas de utilidad;
- una memoria de únicamente lectura que constituye no solamente el elemento de control de todo el sistema, sino que contiene también, contrariamente a los ordena-
- 25 dores convencionales del tipo de "finalidad general", el programa para llevar a cabo las funciones típicas del control digital directo.

423169



Un tal programa se ha escrito en un lenguaje particular, a nivel de las órdenes elementales para los distintos dispositivos que constituyen el ordenador, mediante aplicación de la conocida técnica denominada microprogramación.

5 Las ventajas de una tal estructura se han mencionado ya más arriba.

Se hace destacar particularmente la mayor seguridad de trabajo de un programa almacenado en una memoria permanente que no quede sometida a posibles alteraciones tal como ocurre
10 en las memorias convencionales de lectura-registro.

Esencialmente, dicha memoria, que es el núcleo de la unidad de control, comprende las funciones para el control digital directo en forma de programas aritméticos y de entrada-salida estandarizados, mientras que la memoria principal almacena
15 únicamente los datos numéricos y el programa constituido por dos palabras por cada entrada procedente del proceso.

Los elementos de comunicación desde y hacia el proceso no presentan, por el contrario, diferencias estructurales substanciales, ni tampoco se precisa operador diferente.

20 El equipo según la presente invención es capaz de adquirir, con una frecuencia que puede ser programada a voluntad por el operador, mediciones de magnitudes físicas procedentes de una instalación industrial a través de un sistema de selección de los diferentes canales de medición y sucesivamente,
25 en caso necesario, un sistema de conversión analógico-a-digital cuando la selección de los canales de medición no se efectúa a partir de datos que existan ya en forma digital.



La frecuencia de toma de pruebas de cada canal de medición puede ser programada independientemente de uno a otro canal y también es posible programar la "gama de medición" del sistema de adquisición de datos en el caso que este último
5 requiera una tal información.

Cada dato adquirido es almacenado en una célula apropiada de la memoria de modo que queda disponible para ulteriores procesamientos. Estos procesamientos están subdivididos en funciones relativamente complejas que pueden llevarse a cabo
10 o no, a voluntad del operador, de acuerdo con una secuencia fija y predeterminada.

Por consiguiente, la "programación" del sistema está limitada a la selección de las funciones que se deban llevar a cabo con los datos adquiridos y, naturalmente, a la introducción de los coeficientes necesarios, parámetros, etc.
15

Las funciones arriba citadas pueden ser de varios tipos.

Únicamente a título de ejemplo no limitativo se indica a continuación una posible lista de tales funciones dispuestas de acuerdo con una posible secuencia lógica de ejecución:

- 20 - Linealización de transductores dotados de una característica cuadrática.

Esta operación puede introducirse con particular referencia a los transductores de flujo dotados de una característica cuadrática.

25 Para lograr una compatibilidad con los corrientes transductores de presión diferencial puede preverse una operación de desplazamiento del cero del radicante (es bien sabido, en

423169



efecto, que un transductor de presión diferencial tiene una
señal de salida que varía dentro de la gama estándar (3 - 15
psi, 4 - 20 mA, etc.) de valores de presión diferencial com-
prendidos entre cero y el valor máximo) de modo que una medi-
5 ción adquirida M es procesada de acuerdo con la siguiente
fórmula:

$$\sqrt{\frac{M - K}{1 - K}}$$

en la que K representa el desplazamiento del cero con respec-
10 to al valor de la escala completa.

- Linealización de transductores dotados de una carac-
terística casi lineal.

Puede preverse la linealización de transductores dotados
de una característica casi lineal mediante una aproximación
15 a segmentos rectilíneos. Para la programación es necesario
conocer los puntos característicos de todas las secciones linea-
les de la línea quebrada y los gradientes de dichas secciones.

- Relación entre dos mediciones.

Esta función comprende efectuar la relación entre los
20 datos adquiridos en dos canales de medición distintos. La rela-
ción calculada puede utilizarse luego para procesamientos pos-
teriores.

- Alarma del proceso.

Es posible introducir la comparación de un dato adquirido
25 o de la relación entre dos datos con límites superior y/o
inferior de alarma.

La condición de alarma puede transmitirse al exterior a



estaciones de alarma y/o a dispositivos impresores y registradores.

Puede preverse también una cierta histéresis para el retorno de la condición de alarma a la condición de normalidad con el fin de evitar señalizaciones e intervenciones continuas cuando la variable que se desea controlar posee un valor muy próximo a los límites de alarma.

- Promedio aritmético.

Esta función consiste en efectuar el promedio aritmético de un número predeterminado de datos consecutivos adquiridos de un canal de medición determinado o calculados a modo de relaciones.

El último promedio calculado puede quedar disponible para su visualización, impresión o registro durante todo el tiempo indispensable para el procesamiento del nuevo valor.

- Control digital directo.

Esta función es la función principal de un ordenador para el control digital directo.

Una tal función consiste en calcular la desviación del valor medido en una cantidad determinada del valor deseado y en procesar este error mediante un algoritmo matemático para determinar el valor de la variable controlada.

Este algoritmo puede por ejemplo sintetizarse, empleando la bien conocida notación, en términos de transformación-Z, $U(z)$ y $E(z)$ de la señal de salida $u(nT)$ y del error $e(nT)$, respectivamente, siendo T el período de toma de la muestra, por la siguiente expresión:

423169-5



$$\frac{U(z)}{E(z)} = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + p_1 z^{-1} + p_2 z^{-2}} \quad (1)$$

El algoritmo indicado como ejemplo comprende, en un caso particular, el bien conocido regulador convencional de triple acción (P.I.D.), pero permite obtener mayores capacidades, ya que está disponible un mayor número de grados de libertad para el constructor. El ordenador puede ser programado de modo que al error se le atribuyan diferentes signos según las necesidades del proceso.

10 (acción directa: error = valor deseado - medición;
acción inversa: error = medición - valor deseado).

Existe además la posibilidad de conectar entre sí dos canales para obtener un control de cascada. En un tal caso el punto de partida del regulador secundario es la señal de salida del regulador primario.

15 La variable controlada puede ser limitada automáticamente a una gama estándar, de forma análoga a lo que se realiza con los reguladores corrientes analógicos, pero dicha variable puede también quedar limitada a una gama más estrecha dentro de límites predeterminados para cada canal.

25 Existe también la posibilidad de llevar a cabo un control de tipo progresivo mediante el cálculo de la diferencia algebraica entre el último valor y el penúltimo de la variable controlada. El valor de dicha variable o el aumento del mismo con respecto al tiempo es enviado por tanto a un dispositivo de control a través de circuitos de memoria apropiados o dispositivos capaces de retener el valor durante el intervalo de



toma de la muestra (retención de los datos por orden de cero).

- Transmisión de los datos al exterior.

Para cada canal de medición puede preverse la posibilidad de enviar algunos datos procesados por la máquina y disponibles en la memoria a dispositivos de visualización continua y de registro, es decir a dispositivos adaptados de manera continua a cada toma de pruebas.

Para transformar el valor de una magnitud X expresada como unidad de máquina en el valor correspondiente T expresado como unidad técnica se puede emplear una relación lineal del tipo:

$$T = aX + b$$

en la que a y b son un factor de escala y un desplazamiento con respecto al cero, respectivamente.

15 - Comunicaciones con el operador.

Las comunicaciones con el operador se logran a través de un pupitre de mando mediante el cual existe la posibilidad de introducir y leer ciertos datos, de variar ciertos coeficientes, de programar los procesamientos que se deben efectuar en cada canal, etc.

Puede preverse por ejemplo el empleo de dos dispositivos impresores, uno de los cuales es un impresor de alarma que imprime todos los acontecimientos que tienen lugar de forma casual, mientras que el otro impresor es un impresor "acompañado", que imprime a intervalos predeterminados los datos requeridos de antemano.

El acceso a la memoria del ordenador desde el pupitre de

423169



mando puede lograrse mediante teclas que seleccionan los datos que deben introducirse o leerse así como el canal al que se refieren dichos datos.

Los datos pueden introducirse mediante conmutadores decimales y visualizados en indicadores luminosos decimales.

También es posible prever sobre el pupitre de mando algunos elementos señalizadores que indiquen tanto las alarmas durante el proceso como los defectos de funcionamiento del ordenador.

10

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de ponerlo en práctica, se hace constar que todo cuanto no altere, cambie o modifique su principio fundamental, puede quedar sometido a variaciones de detalle, siendo lo esencial y por lo que se solicita Patente de Introducción, por diez años, lo que queda resumido en las siguientes reivindicaciones:

1ª.- Sistema digital electrónico de programa registrado, con su correspondiente equipo, para el control digital directo de procesos industriales, caracterizado porque comprende medios para llevar a cabo un número predeterminado de funciones típicas del control digital directo de acuerdo con un programa de procesamiento substancialmente rígido contenido en dicho equipo en una memoria de únicamente lectura.

423169 = 5



2ª.- Sistema según la reivindicación 1ª, caracterizado porque comprende la disposición previa de algunos programas funcionales estandarizados ordenados de acuerdo con un proceso predeterminado de procesamiento y la posibilidad de asociar
5 la función o las funciones deseadas a cada medición particular.
lar.

3ª.- Sistema según la reivindicación 2ª, caracterizado porque la asociación de la función o las funciones deseadas a cada medición particular se efectúa mediante un programa
10 constituido por dos palabras, estando almacenado dicho programa en la memoria principal y siendo asociado, cuando corresponda, a cada medición particular.

4ª.- Sistema según las reivindicaciones precedentes, caracterizado por la asociación de una unidad de procesamiento,
15 de una memoria de trabajo para almacenar únicamente los datos numéricos y de una memoria de únicamente lectura que contiene también el programa para llevar a cabo las funciones típicas del control digital directo.

5ª.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones
20 precedentes, caracterizado porque dicha memoria de únicamente lectura contiene una pluralidad de dichas funciones típicas.

6ª.- SISTEMA DIGITAL ELECTRONICO DE PROGRAMA REGISTRADO,
CON SU CORRESPONDIENTE EQUIPO, PARA EL CONTROL DIGITAL DIRECTO

423169



DE PROCESOS INDUSTRIALES,

tal y como queda descrito y reivindicado en la presente memoria que consta de dieciseis hojas mecanografiadas por una sola cara y de dos láminas de dibujos.

BARCELONA, 5 de Febrero de 1974.

NUOVO PIGNONE S.p.A.
P.P.

J. GOMEZ-ACEBO Y MODEI

o. o. firmador. W. Sigheff Sloneg

ESQUEMA

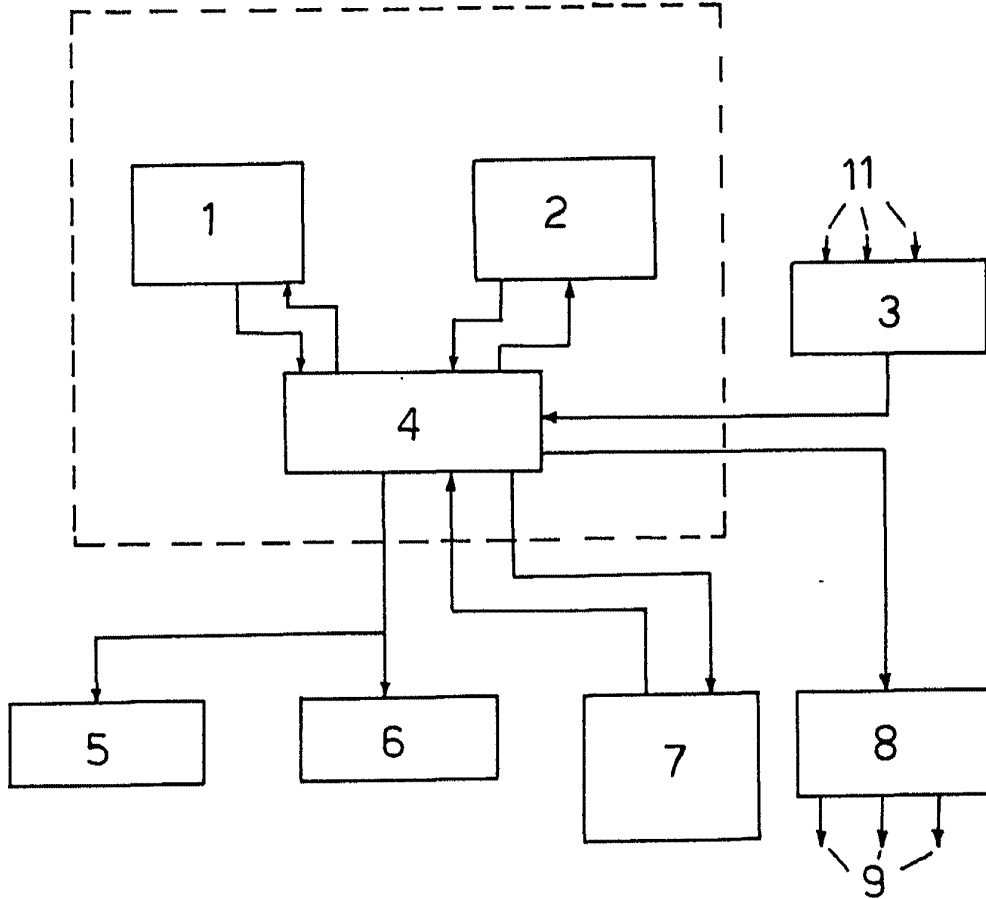


FIG.1

BARCELONA, 5 de Febrero de 1974

NUOVO PIGNONE S.p.A.

P.P.

J. GOMEZ-AGEBO Y MODET

Firmado: W. Stöckli-Stoner

ESQUEMA

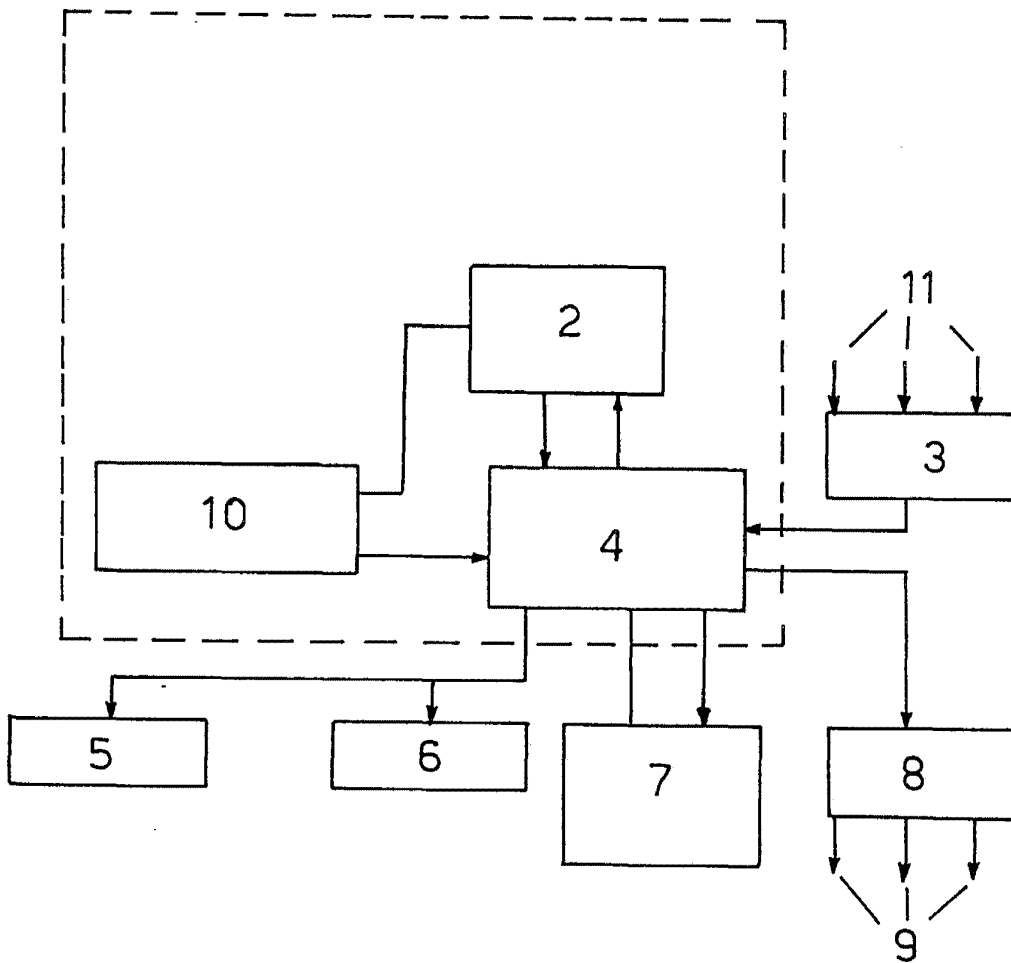


FIG. 2

BARCELONA, 5 de Febrero de 1974
NUOVO PIGNONE S.p.A.
P.P.

J. GOMEZ-ACEBO Y MODET

(Signature)
Firmado: W. Stéphan Stanar