

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 203 911**

21 Número de solicitud: 201731615

51 Int. Cl.:

**G06F 17/40** (2006.01)

**G01T 1/16** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**29.12.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**26.01.2018**

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTIFICAS (45.0%)  
C/ Serrano, 117  
28006 MADRID ES;  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA (45.0%) y  
ALIBAVA SYSTEMS, SL (10.0%)**

72 Inventor/es:

**LACASTA LLÁCER, Carlos;  
LLOSA LLÁCER, Gabriela Dolores;  
STANKOVA, Vera Koleva;  
SOLAZ CONTELL, Carles y  
BERNABEU VERDÚ, José**

74 Agente/Representante:

**TORNER LASALLE, Elisabet**

54 Título: **DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA DISPOSITIVOS DETECTORES DE  
DIFERENTES TIPOS**

**ES 1 203 911 U**

## DESCRIPCIÓN

### DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA DISPOSITIVOS DETECTORES DE DIFERENTES TIPOS

#### Campo de la técnica

- 5 El presente modelo de utilidad se refiere en general a dispositivos de adquisición de datos. En particular, el modelo de utilidad se refiere a un dispositivo para adquisición de datos de dispositivos detectores de diferentes tipos (por ejemplo, detectores de radiación de partículas), compacto, modular, y extensible.

#### Estado de la técnica

- 10 El producto Alibava Classic [1] de la empresa Alibava Systems da a conocer un dispositivo de lectura portátil de datos para usos científicos. El dispositivo puede funcionar con diferentes tipos y tamaños de detectores de microtiras. El dispositivo está diseñado para trabajar con una configuración de fuente radioactiva y láser: útil para comparar resultados con el mismo detector. Aunque este dispositivo está diseñado para detectores de silicio de  
15 microbanda presenta capacidades limitadas para hacer espectroscopia.

- El documento [2] describe un sistema para lectura de datos multicanal pero únicamente para fotodetectores (no para otros detectores, por ejemplo de silicio), y limitada como máximo a 64 canales de lectura. Además, este sistema se basa en un convertidor analógico digital (ADC) por canal de entrada, independientemente del tipo de fotodetector, por lo que no está  
20 optimizado para ninguno, y sólo puede operar un detector a la vez. En el dispositivo propuesto por este modelo de utilidad, los chips de lectura son específicos para cada tipo de dispositivo detector y lo que es común es únicamente el sistema de adquisición, por lo que está optimizado para obtener un mejor rendimiento. Asimismo, el dispositivo propuesto no está limitado por el número de canales de lectura al multiplexar la señal de todos sus  
25 canales de entrada en una única salida.

Los sistemas presentados en [3] a [5] están enfocados a un solo tipo de detector, bien para detectores de silicio [2], bien para cristales centelleadores acoplados a fotomultiplicadores de silicio [4, 5]. Tanto la tarjeta que contiene al detector como la tarjeta de adquisición de datos son específicas para cada tipo de detector y no pueden ser intercambiadas ni usadas

simultáneamente. El dispositivo propuesto en cambio permite cambiar el detector manteniendo la misma tarjeta de adquisición de datos.

La solicitud de patente WO 2015/081134 A2 describe un sistema y método de detectores de radiación basados en fotomultiplicadores de Silicio (SiPM) para detectar radiación en un ambiente, incluyendo uno o más centelleadores. Este documento describe un sistema limitado a operar únicamente SiPMs. Puede operar uno o más SiPM, pero siempre del mismo tipo. El modelo de utilidad propuesto puede trabajar con diferentes tipos de dispositivos detectores simultáneamente.

Otros detectores de radiación se dan a conocer en los documentos US 8497483 B2, WO 2017/083114 A1, US 9645257 B2 y/o EP 3074790 A2.

En cualquier caso, ninguno de los sistemas del estado de la técnica permite la comunicación de dispositivos detectores de diversos tipos, simultáneamente, con una única tarjeta de adquisición de datos.

El presente modelo de utilidad se propone resolver los problemas citados anteriormente.

#### 15 Referencias:

[1] Alibava Classic de Alibava Systems. <http://www.alibavasystems.com/products-alibava-systems/research-instruments-alibava-systems/alibava-system-classic.html>.

[2] PhotoniQ Data Acquisition Systems de Vertilon. <http://www.vertilon.com/pdf/UM6177.pdf>

[3] DAQ system for the readout of silicon pixel detectors based on VataGP7 front-end ASIC. V. Stankova, J. Barrio, K. Brzezinski, E. Chesi, V. Cindro, N. Clinthorne, E. Cochran, B. Grosičar, G. Llosá, H. Kagan, K. Honscheid, V. Linhart, M. Mikuz, C. Solaz, A. Studen, P. Weilhammer, D. Zontar, C. Lacasta. 2012 IEEE Nuclear Science symposium and Medical Imaging Conference record (NSS/MIC), 2012, pages 10-84.

[4] Multichannel DAQ system for SiPM matrices. V. Stankova, J. E. Barrio, J. E. Gillam, C. Lacasta, M. Rafecas, C. Solaz, M. Trovato, G. Llosá. 2012 IEEE Nuclear Science symposium and Medical Imaging Conference record (NSS/MIC), 2012, pages 1069—1071.

[5] Sistema de adquisición de datos para fotomultiplicadores de silicio. C. Solaz, V. Stankova, J. Barrio, C. Lacasta, M. Trovato, G. Llosá. XXXIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física, 2013, pages 390-391.

30

#### Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un dispositivo de adquisición de datos para dispositivos detectores de diferentes tipos, que comprende, al igual que los dispositivos/sistemas del

estado de la técnica: una primera placa auxiliar/hija y una placa principal/madre (o tarjeta de adquisición de datos).

La citada primera placa auxiliar comprende un primer dispositivo detector, de un primer tipo; una pluralidad de chips de lectura conectada al primer dispositivo detector para adquirir los  
5 datos del mismo proporcionando una única señal de salida de los datos adquiridos; y una unidad de conexión.

La citada placa principal incluye una unidad de control adaptada para procesar datos; y una unidad de conexión, para conexión de la placa principal con un dispositivo de computación remoto (por ejemplo un PC, un portátil, entre otros) para transmitir a este último los datos  
10 procesados y recibir de él diferentes comandos, por ejemplo, relativos a configuración y/o a calibración.

A diferencia de las propuestas del estado de la técnica, el dispositivo comprende además una segunda placa auxiliar que incluye un segundo dispositivo detector, de un segundo tipo, diferente del primer tipo; una pluralidad de chips de lectura operativamente conectada al  
15 segundo dispositivo detector para adquirir dichos datos proporcionando una única señal de salida de los datos adquiridos, y una unidad de conexión.

Según el dispositivo propuesto, al menos una de las placas auxiliares está conectada a una placa intermedia, conectada a su vez a la placa principal, en donde la citada placa intermedia, incluye una primera unidad de conexión configurada para recibir la señal única  
20 de salida de los datos adquiridos, de su placa auxiliar correspondiente; una unidad de ajuste configurada para adaptar la señal única de salida recibida a un protocolo de comunicación de la placa principal; y una segunda unida de conexión configurada para transmitir la señal adaptada a la placa principal y para recibir de esta última diferentes comandos. Asimismo, la placa principal incluye además un dispositivo de disparo configurado para detectar cuando  
25 las señales únicas de salida de los datos adquiridos están disponibles, y la unidad de control de la placa principal está adaptada para procesar las señales recibidas, de la placa intermedia y/o de una placa auxiliar, proporcionándoles además una etiqueta temporal y un identificador que permita distinguirlos.

En un ejemplo de realización, el primer y segundo dispositivos detectores comprenden un  
30 sensor de condiciones ambientales (por ejemplo un sensor de temperatura y/o humedad), un generador de pulsos eléctricos o voltajes, y/o ejes motorizados programables, o cualquier

objeto capaz de generar datos o reaccionar a los comandos enviados por la placa principal/madre.

En otro ejemplo de realización, el primer y segundo dispositivos detectores comprenden unos detectores de radiación de partículas que producen una señal eléctrica al interactuar con partículas ionizantes. Preferiblemente, los citados detectores de radiación de partículas comprenden detectores de tecnología de silicio, por ejemplo de micro-pistas, de píxeles o fotomultiplicadores, diodos de silicio, fotodiodos de avalancha, etc.

En un ejemplo de realización, la placa principal comprende además una unidad de entrada y una unidad de salida para sincronización con otras placas principales. Asimismo, la placa principal incluye una pluralidad de unidades de conexión, de manera que la recepción de las señales de la placa intermedia y/o de una placa auxiliar se realiza de forma individual.

La placa principal puede incluir además un sistema de iluminación, por ejemplo unos LEDs, y/o uno o más pulsadores para verificación del correcto funcionamiento de la placa.

La conexión de la placa principal con el citado dispositivo de computación se puede realizar bien vía una comunicación por cable o vía una comunicación inalámbrica. Preferiblemente se utiliza una conexión bajo el estándar de comunicación Ethernet. El dispositivo de computación implementa o ejecuta un software de control, o programa informático, que centraliza la configuración de la placa principal, la gestión de comandos y de datos así como la sincronización de varias tarjetas principales por medio de un interfaz gráfico.

Pueden existir varias placas intermediadas en el dispositivo de la invención, una por cada placa auxiliar.

El dispositivo propuesto por lo tanto es un dispositivo compacto, modular, escalable y multicanal que permite la lectura de los datos generados, simultáneamente, en diferentes tipos de dispositivos detectores con un único sistema de adquisición, con lo que no se limita el uso a ningún tipo de dispositivo detector y se simplifican los procesos de medida. El dispositivo propuesto es particularmente relevante para detectores de radiación siendo capaz de controlar una gran cantidad de canales. En un ejemplo de realización, se pueden controlar hasta 8192 por placa principal, asumiendo que existen 4 bits para identificar los chips de lectura (es decir hasta 16 chips de lectura) con 128 canales en cada chip por 4 entradas en la tarjeta principal. De cualquier modo, debido a que el dispositivo propuesto permite la conexión en serie de diferentes placas principales controladas por un único

software de control, el número de canales que pueden ser controlados por el dispositivo propuesto es prácticamente ilimitado.

### Breve descripción de las figuras

5 Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

Las Figs. 1A, 1B y 1C muestran esquemáticamente una placa auxiliar, una placa intermedia y una placa principal, respectivamente, que forman parte del dispositivo propuesto, según un ejemplo de realización.

10 La Fig. 2 muestra esquemáticamente la conexión de la placa principal con las placas auxiliares mediante las placas intermedias, según un ejemplo de realización.

La Fig. 3 muestra esquemáticamente la conexión de varias placas principales en serie.

15 La Figs. 4A y 4B muestran los espectros de Ba-133 obtenidos simultáneamente con dos tipos diferentes de dispositivos detectores utilizando el dispositivo propuesto; Fig. 4A cristal centelleador y Fig. 4B detector de píxeles de silicio.

### Descripción detallada de unos ejemplos de realización

20 El dispositivo propuesto de adquisición de datos para dispositivos detectores de diferentes tipos (es decir con diferentes características, funcionamiento, etc.), preferiblemente unos detectores de radiación de partículas, por ejemplo de micro-pistas, de píxeles o fotomultiplicadores en substrato de silicio, entre otros, consta principalmente de tres partes diferenciadas: una o más placas auxiliares, o placas hijas, P\_AUX, una placa principal, o placa madre, P\_PRIN y una o más placas intermedias P\_INT.

25 La Fig. 1A muestra un ejemplo de realización de una placa auxiliar P\_AUX. Tal como puede observarse, la placa auxiliar P\_AUX comprende un soporte que alberga un dispositivo detector 1, o simplemente detector, de un determinado tipo y del cual se van a adquirir los datos, unos chips de lectura 2 específicos que permiten, mediante una conexión con el citado detector, adquirir los datos del mismo. El número de chips de lectura 2, y por tanto el de canales de transmisión de datos, es fácilmente escalable y se puede llegar a operar un número muy elevado (una placa auxiliar puede incluir más de 100 chips de lectura 2). Los  
30 chips de lectura 2 pueden conectarse en serie de forma que aceptan una línea de comandos

común 3 y multiplexan la señal de todos sus canales de entrada, junto con la información que reciben de los chips conectados en cadena, en una única salida 4. De esta forma sólo hay que acondicionar una única señal de entrada en el dispositivo para un tren de datos correspondiente a un número variable de chips de lectura 2 que dependerá de la implementación del chip. La placa auxiliar P\_AUX se conecta con el mundo exterior mediante una unidad de conexión 5.

La Fig. 1B muestra un ejemplo de realización de una placa intermedia P\_INT. La conexión de la placa intermedia P\_INT con una placa auxiliar P\_AUX se realiza a través de una primera unidad de conexión 6. La placa intermedia P\_INT incluye también una unidad de ajuste 7 encargada de adaptar la señal recibida de la placa auxiliar P\_AUX a un protocolo de comunicación de la placa principal P\_PRIN y una segunda unidad de conexión 8 para el envío de la señal adaptada a la placa principal P\_PRIN. La segunda unidad de conexión 8 se utiliza también para recibir diferentes comandos, por ejemplo de calibración, configuración, etc. de la placa principal P\_PRIN.

La Fig. 1C muestra un ejemplo de realización de la placa principal P\_PRIN. Gracias a que la placa(s) intermedia(s) P\_INT unifica(n) las entradas entre la placa(s) auxiliar(es) P\_AUX y la placa principal P\_PRIN, ésta última puede operar diferentes tipos de detectores 1, simultáneamente. Tal como puede observarse en la Fig. 1c, la placa principal P\_PRIN incluye una serie de unidades de conexión 9, individuales, para la conexión de la placa bien con la placa(s) intermedia(s) P\_INT (en el caso que placa auxiliar P\_AUX y placa principal P\_PRIN no operen bajo el mismo protocolo) bien con la placa(s) auxiliar(es) P\_AUX (en el caso que éstas operen bajo el mismo protocolo que la placa principal P\_PRIN); un dispositivo de disparo 13 para detectar cuando la señal única 4 está disponible; una unidad de control 14 para procesar las señales recibidas por la placa principal P\_INT proporcionándoles además una etiqueta temporal y un identificador que permita distinguirlas. La unidad de control 14 se encarga del control de todo el dispositivo propuesto y se comunica, a través de 10, con un dispositivo de computación remoto tal como un ordenador, un portátil, o similar, preferiblemente vía Ethernet ya sea mediante una conexión por cable o inalámbrica.

Por ejemplo, la unidad de control 14 puede comprender una FPGA o matriz de puertas programables que genera las secuencias de adquisición de los datos, la gestión de los paquetes de datos y la citada comunicación con el dispositivo de computación remoto. La unidad de control 14 se encarga también de la alimentación propia de la placa principal

P\_PRIN así como de la placa(s) auxiliar(es) P\_AUX. La unidad de control 14 obtiene los voltajes necesarios para la alimentación de sus componentes a partir de un único voltaje de alimentación (preferiblemente 6V). La conexión está asimismo protegida y acondicionada antes de pasar a unos reguladores de voltaje, no ilustrados por simplicidad de la figura, que proporcionan la alimentación a las diferentes secciones de la placa principal P\_PRIN. Los voltajes de la parte analógica y digital de la placa son diferentes. Se utilizan '*Low dropout regulators*' (LDO) y adaptadores DC-DC para obtener los diferentes niveles de voltaje requeridos por los distintos componentes. Los LDO proporcionan estabilidad en caso de usar cables de alimentación largos, y reducen el ruido asociado al uso de interruptores.

5

10 Según el ejemplo de realización de la Fig. 1C, la placa principal P\_PRIN incluye también una unidad de entrada 11 y una unidad de salida 12 para sincronización con otras placas principales P\_PRIN.

El dispositivo de computación remoto implementa o ejecuta un software de control, o programa informático, que controla a la placa principal P\_PRIN. Este software de control dispone de una interfaz gráfica que permite el control del programa de adquisición, monitorización on-line de los datos y almacenamiento en el dispositivo de computación. Preferiblemente, el software de control está basado en C++, orientado a objetos.

15

El programa empieza, finaliza y pausa la adquisición de datos y salva los datos cuando el fichero llega a un tamaño definido por el usuario o tras un tiempo determinado, en el fichero especificado por el usuario. También almacena y permite cargar o modificar diferentes configuraciones de los chips de lectura o ASICs, define el modo de adquisición, el umbral, y los parámetros de la adquisición. Además permite poner el dispositivo propuesto en modo test y seleccionar el canal correspondiente.

20

El programa proporciona información visual del estado de la adquisición (velocidad de adquisición, número de eventos) y de los datos: ruido, pedestales, posiciones de interacción en el detector, espectros energéticos, etc.

25

Con referencia ahora a la Fig. 2, en la misma se muestra un ejemplo de realización del dispositivo propuesto. Según este ejemplo de realización la placa principal P\_PRIN está dispuesta para operar y configurar a más de una placa auxiliar P\_AUX en serie, en este caso particular para operar cuatro placas auxiliares P\_AUX1, P\_AUX2, P\_AUX3, P\_AUX4, pudiendo cada una incluir un detector 1 de un determinado tipo. Debe notarse que aunque en el ejemplo de realización de esta figura se ha incluido una placa intermedia P\_INT para

30

cada placa auxiliar P\_AUX esto no es limitativo puesto que en otros ejemplos de realización, en este caso no ilustrados, y particularmente cuando la placa principal P\_PRIN utiliza un mismo protocolo de comunicación que una placa auxiliar P\_AUX la conexión de ambas placas puede establecerse directamente sin utilización de la citada placa intermedia P\_INT.

- 5 En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de realización de la conexión de varias placas principales P\_PRIN1, P\_PRIN2, P\_PRIN3...PPRINN conectadas en serie con lo que el dispositivo es fácilmente escalable. En este caso, los diferentes tipos de detectores se podrían agrupar en las diferentes placas principales según sus características o disposición dentro del montaje experimental para un funcionamiento más óptimo del dispositivo.
- 10 Las Figs. 4A y 4B muestran los espectros energéticos obtenidos de una fuente de Ba-133 colocada entre dos tipos de detectores diferentes: el primero un cristal centelleador acoplado a un fotomultiplicador de silicio dispuesto en una placa auxiliar P\_AUX y el segundo un detector de píxeles de silicio dispuesto en otra placa auxiliar P\_AUX. Las medidas se realizaron simultáneamente con estos dos tipos de detectores diferentes por el dispositivo
- 15 propuesto. La Fig. 4B muestra el espectro medido por el detector de píxeles de silicio y la Fig. 4A muestra el espectro medido por el detector de cristal centelleador. El eje horizontal muestra la energía medida, en cuentas del ADC en la placa principal P\_PRIN, mientras que el eje de vertical muestra el número de veces que se mide una determinada energía. El codo a 300 ADC en la Fig. 4B se corresponde con el que se observa a 1000 ADC en la Fig. 4A,
- 20 mientras que el pico a 100 ADC en la Fig. 4B se corresponde con el que se aprecia a aproximadamente 150 ADC en la Fig. 4A, lo que da una idea de los diferentes rangos de señales en los dos detectores que el dispositivo propuesto puede tratar simultáneamente.

Debe destacarse que el dispositivo propuesto además de ser útil para adquirir datos de diferentes detectores de radiación también puede utilizarse para la adquisición de datos de

25 otros tipos de dispositivos detectores o sensores, por ejemplo sensores de condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.), de pulsos eléctricos o voltajes, y/o ejes motorizados programables, entre otros.

Un experto en la materia podría introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos anteriormente, sin apartarse del alcance de la invención, según queda

30 definido en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de adquisición de datos para dispositivos detectores de diferentes tipos, comprende:

- una primera placa auxiliar (P\_AUX) que incluye:
  - 5           - un primer dispositivo detector (1), de un primer tipo;
  - una pluralidad de chips de lectura (2) operativamente conectada a dicho primer dispositivo detector (1) para adquirir dichos datos proporcionando una única señal de salida de los datos adquiridos; y
  - una unidad de conexión (5); y
- 10       • una placa principal (P\_PRIN) que incluye:
  - una unidad de control (14) adaptada para procesar datos; y
  - una unidad de conexión (10), para conexión de la placa principal (P\_PRIN) con un dispositivo de computación remoto para transmitir a este último los datos procesados y recibir de él diferentes comandos,
- 15       **caracterizado por que** el dispositivo comprende, además:
  - al menos una segunda placa auxiliar (P\_AUX) que incluye:
    - un segundo dispositivo detector (1), de un segundo tipo, diferente del primer tipo;
    - una pluralidad de chips de lectura (2) operativamente conectada a dicho
    - 20       segundo dispositivo detector (1) para adquirir dichos datos proporcionando una única señal de salida de los datos adquiridos, y
    - una unidad de conexión (5),
- estando conectada al menos una de las placas auxiliares (P\_AUX) a una placa intermedia (P\_INT), conectada a su vez a la placa principal (P\_PRIN), en donde dicha placa intermedia
- 25       (P\_INT), que es al menos una, incluye:
  - una primera unidad de conexión (6) configurada para recibir la señal única de salida de los datos adquiridos, de su placa auxiliar correspondiente;
  - una unidad de ajuste (7) configurada para adaptar la señal única de salida recibida a un protocolo de comunicación de la placa principal (P\_PRIN); y
  - 30       - una segunda unida de conexión (8) configurada para transmitir la señal adaptada a la placa principal (P\_PRIN) y para recibir de esta última diferentes comandos;

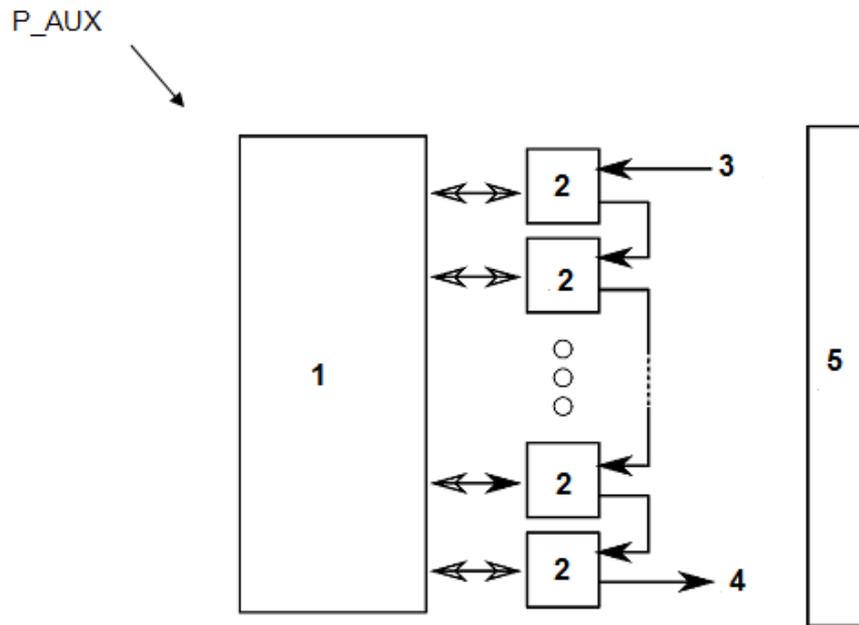
y por que

- la placa principal (P\_PRIN) incluye además un dispositivo de disparo (13) configurado para detectar cuando las señales únicas de salida de los datos adquiridos están disponibles,
  - la unidad de control (14) de la placa principal (P\_PRIN) está adaptada para procesar las señales recibidas, de la placa intermedia (P\_INT) y/o de una placa auxiliar (P\_AUX), proporcionándoles además una etiqueta temporal y un identificador que permita distinguirlas.
- 5
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde el primer y segundo dispositivos detectores (1) comprenden cada uno un sensor de condiciones ambientales incluyendo temperatura y/o humedad o un generador de pulsos eléctricos o voltajes o ejes motorizados programables.
- 10
3. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde el primer y segundo dispositivos detectores (1) comprenden unos detectores de radiación de partículas configurados para producir una señal eléctrica al interactuar con partículas ionizantes.
- 15
4. Dispositivo según la reivindicación 3, en donde dichos detectores de radiación de partículas comprenden detectores de tecnología de silicio.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la placa principal (P\_PRIN) comprende además una unidad de entrada (11) y una unidad de salida (12) para sincronización con otras placas principales (P\_PRIN).
- 20
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la placa principal (P\_PRIN) comprende además una pluralidad de unidades de conexión (9), de manera que la recepción de las señales de la placa intermedia (P\_INT) y/o de una placa auxiliar (P\_AUX) se realiza de forma individual.
7. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde la unidad de conexión (10) de la placa principal (P\_PRIN) está adaptada para realizar dicha transmisión vía una comunicación por cable.
- 25
8. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde la unidad de conexión (10) de la placa principal (P\_PRIN) está adaptada para realizar dicha transmisión vía una comunicación inalámbrica.

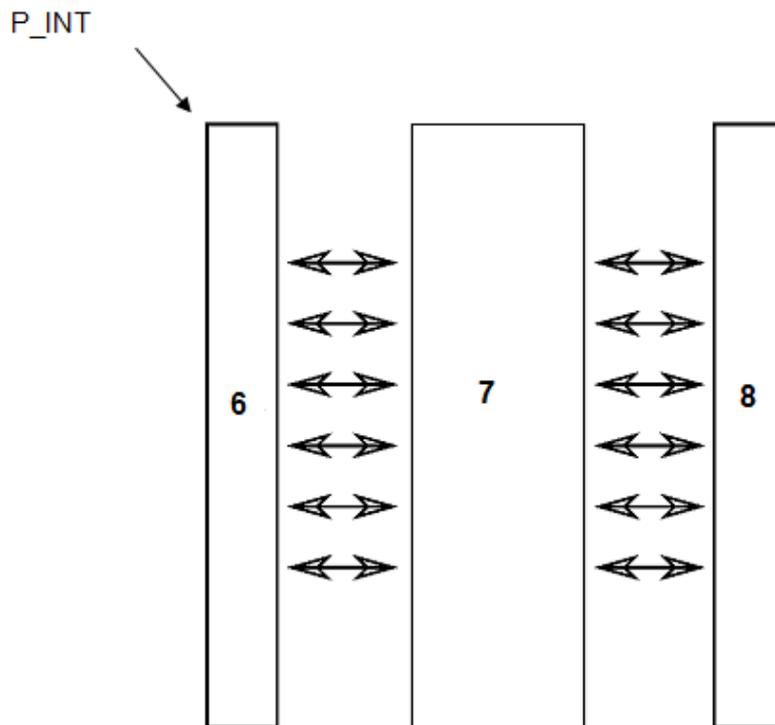
9. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde los diferentes comandos incluyen comandos relativos a configuración y/o a calibración.

10. Dispositivo según la reivindicación 1 o 5, en donde la placa principal (P\_PRIN) comprende además un sistema de iluminación y/o uno o más pulsadores para verificación del correcto funcionamiento de la placa principal (P\_PRIN).

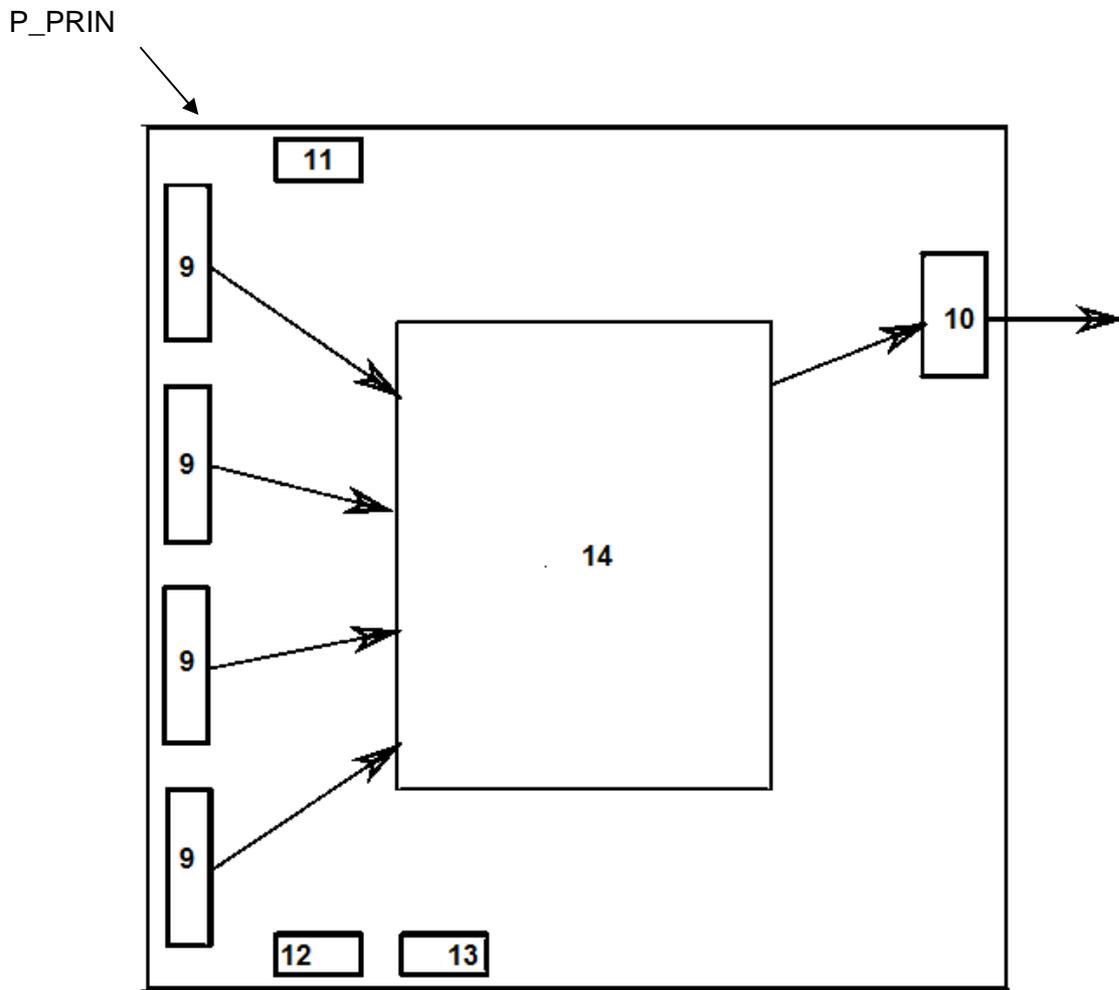
5



**Fig. 1A**



**Fig. 1B**



**Fig. 1C**

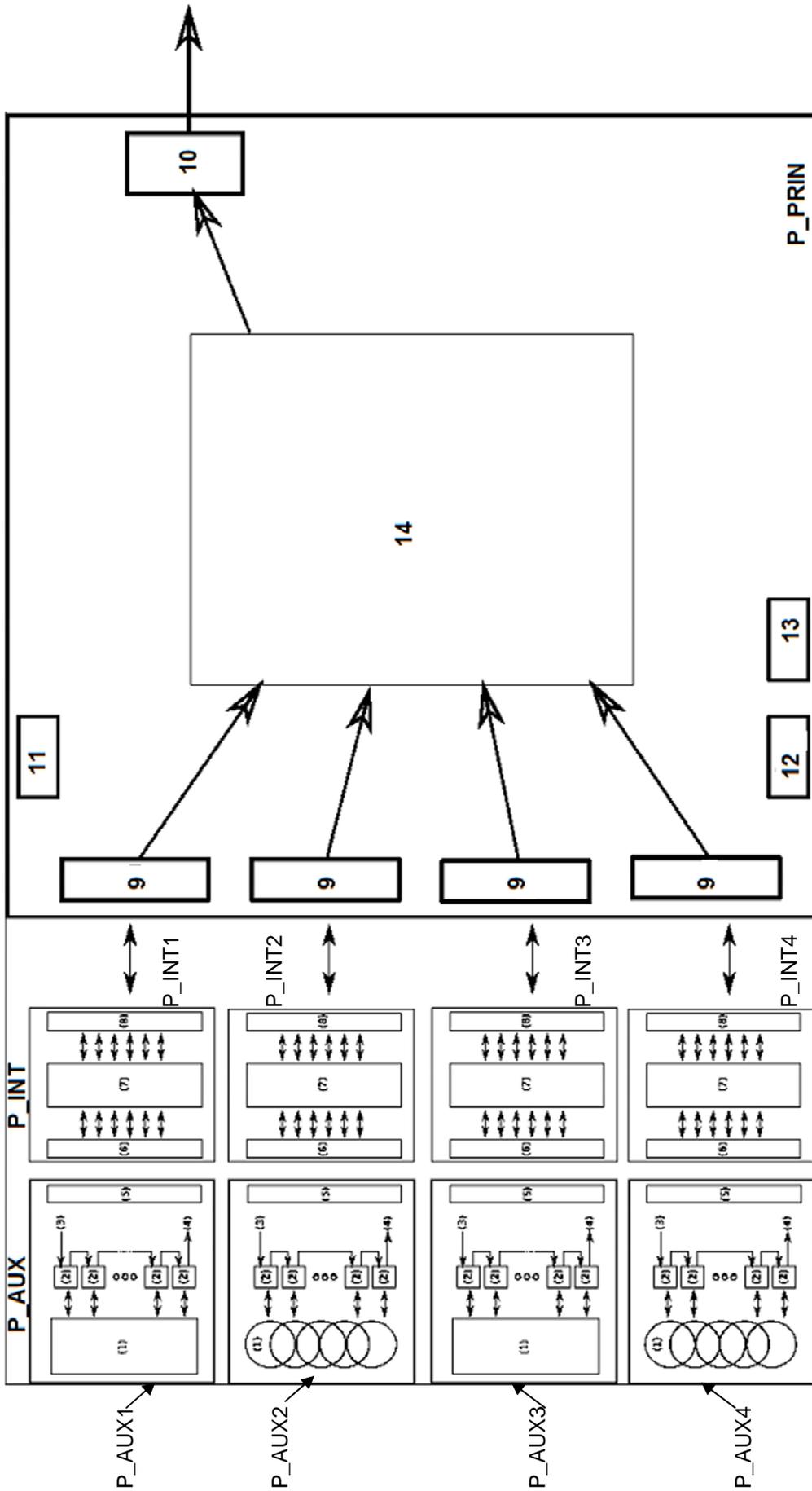


Fig. 2

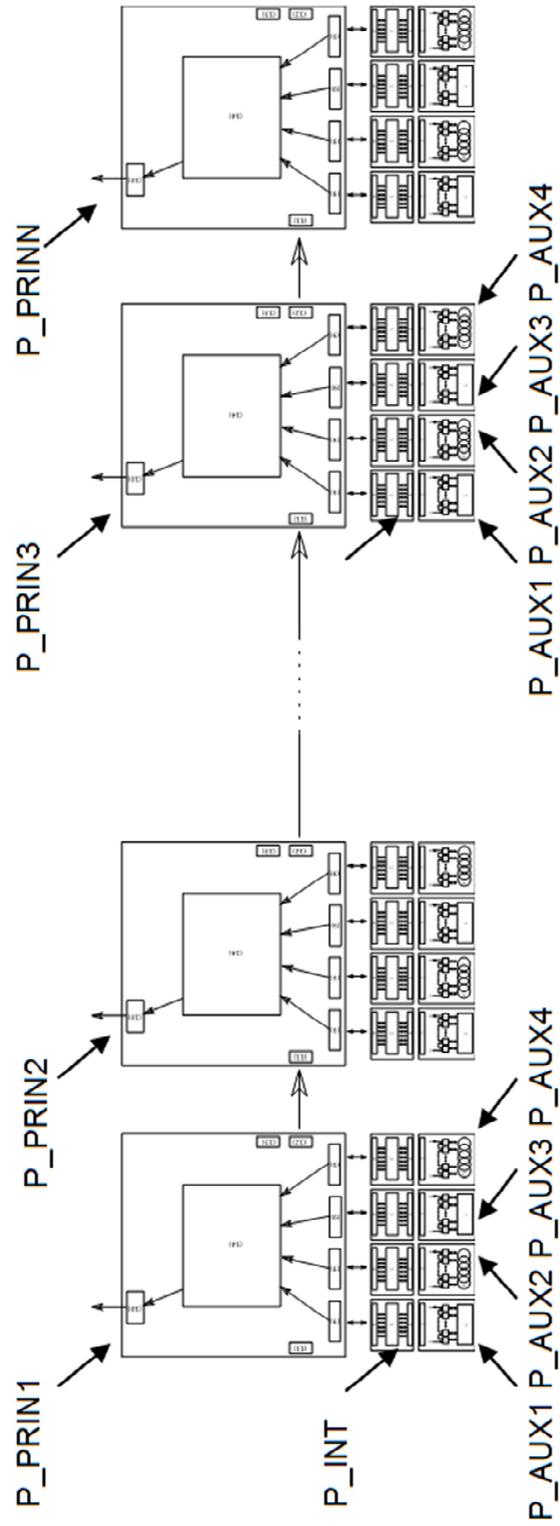
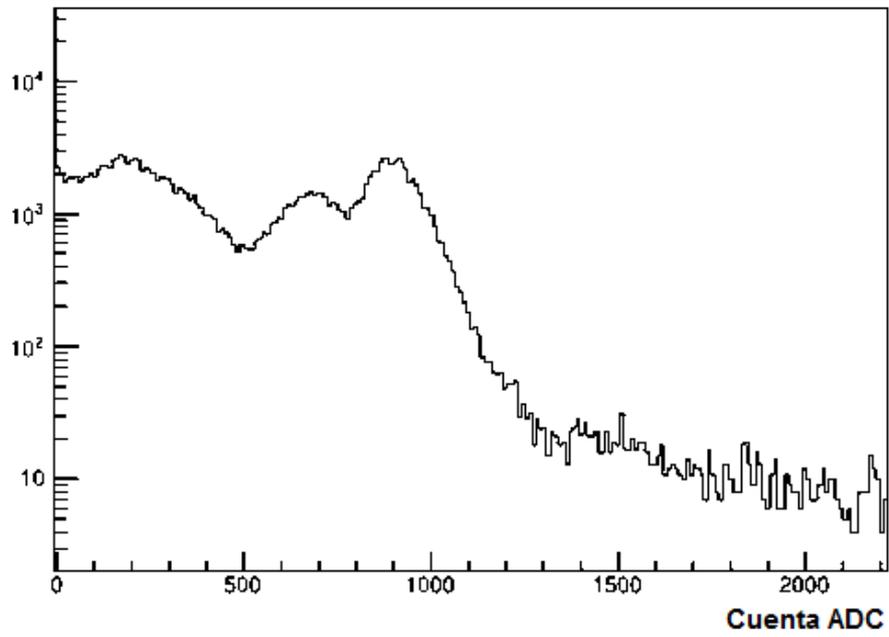
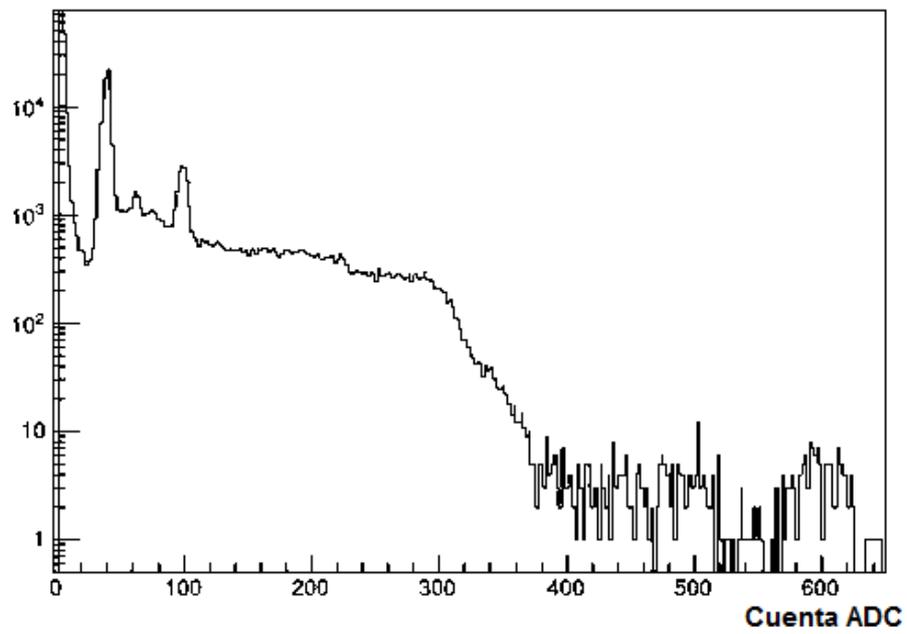


Fig. 3



**Fig. 4A**



**Fig. 4B**