



- (51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar
- (21) Número de la solicitud internacional: PCT/IB2015/053462
- (22) Fecha de presentación internacional: 11 de mayo de 2015 (11.05.2015)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad: P20140101902 12 de mayo de 2014 (12.05.2014) AR
- (71) Solicitantes: CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET) [AR/AR]; Av. Rivadavia 2358 4 piso, -, Buenos Aires, C1034ACP (AR). COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA [AR/AR]; Av. del Libertador 8250, -, Buenos Aires, C1429BNP (AR). INIS BIOTECH LLC [US/US]; 203 NE Front Street, Suite 101, -, Milford, Kent County, Delaware 19963 (US).
- (72) Inventores: TARTAGLIONE, Aureliano; c/o CNEA, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, C1429BNP (AR). AMALDI, Horacio; c/o CNEA, Av. del Libertador 8250,

Buenos Aires, C1429BNP (AR). BLOSTEIN, Jerónimo; c/o CNEA, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, C1429BNP (AR). SIDELNIK, Iván; c/o CNEA, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, C1429BNP (AR). MANCILLA, Alberto; c/o CNEA, Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, C1429BNP (AR).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: SMALL INTEGRATED ELECTRONIC MODULE (IEM) FOR POLARIZATION AND PULSE PROCESSING OF NEUTRON AND RADIATION DETECTORS

(54) Título : MÓDULO ELECTRÓNICO INTEGRADO (MEI) COMPACTO PARA POLARIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DE PULSOS DE DETECTORES DE NEUTRONES Y RADIACIÓN.

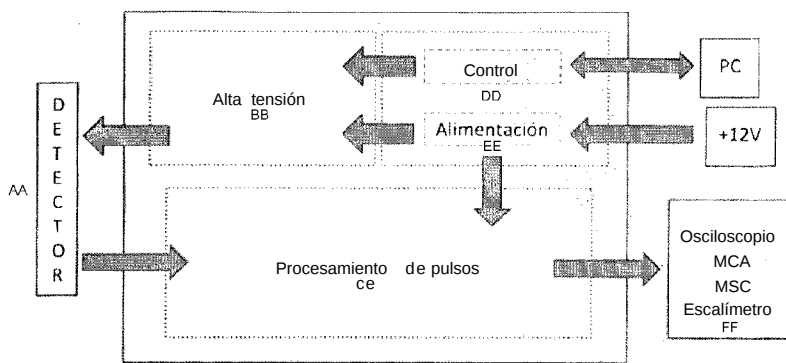


Fig. 1

AA DETECTOR
BB HIGH VOLTAGE
CC PULSE PROCESSING
DD CONTROL
EE SUPPLY
FF OSCILSCOPE
MCA
MSC
SCALE

(57) Abstract: A small integrated electronic module (IEM) for polarization and pulse processing of neutrón and radiation detectors, wherein the module comprises at least one high voltage submodule, an analog pulse processing submodule, a supply submodule and a control submodule. The integrated electronic module offers a basic design which can be fitted according to the user's or application's needs. This flexibility to meet different uses and users includes the use of high voltage supplies with different maximum values, which can reach + 3kV, supply voltage values, and/or for field applications, a redesign of the geometry and/or connectors. The device prototype is manufactured with aluminum and electronics are on a parallelepiped of 11 cm x 9 cm x 4 cm and 360 grams.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]





IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))*

Un módulo electrónico integrado (MEI) compacto para polarización y procesamiento de pulsos de detectores de neutrones y radiación, en donde el módulo comprende al menos un submodulo de alta tensión, un submodulo de procesamiento de pulsos analógicos, un submodulo de alimentación y un submodulo de control. El módulo electrónico integrado, presenta configuración básica del diseño puede ser ajustada según los requerimientos del usuario o de la aplicación. Tal flexibilidad para satisfacer diferentes usos y usuarios incluye el uso de fuentes de alta tensión con distintos valores máximos, que pueden llegar a +3kV, valores de voltaje de alimentación, y/o para aplicaciones de campo, un rediseño de la geometría y/o de los conectores. El prototipo del dispositivo está fabricado en aluminio y contiene toda la electrónica en un paralelepípedo de 11 cm x 9 cm x 4 cm y 360 gramos.

Módulo Electrónico Integrado (MED compacto para polarización y procesamiento de pulsos de detectores de neutrones y radiación)

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un módulo electrónico integrado (MEI) destinado para proveer tensión de polarización y procesamiento de pulsos en sistemas de detectores de radiación natural o artificial de distinto tipo de manera práctica, portátil y de bajo consumo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El desarrollo del MEI se debe inicialmente al impulso que en varios aspectos de la tecnología es dado por los proyectos: 1) desarrollo y fabricación de un difractómetro para el LINAC del CAB, que permitirá entre otras cosas estudiar texturas en materiales de uso nuclear como los tubos de presión de Zr_{2.5}Nb en desarrollo en CNEA para las centrales de potencia tipo CANDU y 2) desarrollo y fabricación de un detector de radiación de bajo ruido, para la medición de señales pequeñas orientado al estudio de la materia oscura y neutrinos. Con el primer proyecto se encuentran también relacionados los desarrollos, y la fabricación y caracterización de colimadores radiales, pinturas de alto poder absorbente de neutrones térmicos y subtérmicos y el diseño, fabricación y caracterización de una fuente fría cilíndrica compacta. El desarrollo también impacta en los proyectos de difractómetro para el RA-6 y RA-10 y neutrografo para el RA-10, ya que entre las muchas posibilidades, el equipo desarrollado permitiría

procesar pulsos de detectores convencionales y de monitores de haz para esos instrumentos.

Una línea de electrónica convencional para procesar los pulsos de un detector de neutrones se encuentra formada por: el detector, un preamplificador, un
5 amplificador, un discriminador, una fuente de alimentación para el preamplificador y una fuente de alta tensión para el o los detectores. Es común utilizar todos estos componentes en norma NIM, por separado y conectados a un bastidor también de la misma norma que provee las tensiones de alimentación necesarias.

Es usual, y sobre todo cuando los pulsos generados por las partículas en el
10 detector son pequeños, colocar un cable muy corto entre el detector y el preamplificador con el objetivo de reducir al máximo los ruidos de línea originados principalmente por la capacidad parásita del cable coaxial y los pulsos espurios que un preamplificador sensible a carga genera a partir de la presencia de dicha capacidad. Naturalmente una
cadena de electrónica como la descrita sirve en la mayoría de las aplicaciones pero
15 tiene también desventajas: el tamaño, el costo, el consumo, la portabilidad y la susceptibilidad a generar o captar ruidos electromagnéticos debido a la gran cantidad de cables que ligan todos los componentes.

20 RESUMEN DE LA INVENCION

Es entonces un objeto de la presente invención proveer un módulo electrónico integrado, cuya configuración básica del diseño puede ser ajustada según los requerimientos del usuario o de la aplicación. Tal flexibilidad para satisfacer diferentes
usos y usuarios incluye el uso de fuentes de alta tensión con distintos valores máximos,
25 que pueden llegar a +3kV, valores de voltaje de alimentación, y/o para aplicaciones de

campo, un rediseño de la geometría y/o de los conectores. El prototipo del dispositivo está fabricado en aluminio y contiene toda la electrónica descrita, en un paralelepípedo de 11 cm x 9 cm x 4 cm y 360 gramos.

Es también un objeto de la presente invención proveer un módulo electrónico integrado (MEI) compacto para polarización y procesamiento de pulsos de detectores de neutrones y radiación, en donde el módulo comprende al menos un submódulo de alta tensión, un submódulo de procesamiento de pulsos analógicos, un submódulo de alimentación y un submódulo de control.

10 DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se lo ha ilustrado en varias figuras, en las que se ha representado el mismo en una de las formas preferidas de realización, todo a título de ejemplo, en donde:

La figura 1 muestra un esquema general conceptual del módulo electrónico integrado (MEI) objeto de la presente invención;

La figura 2 es una presentación del menú principal de configuración del MEI en un terminal (Minicom).

La figura 3 es una presentación en una terminal (Minicom) en donde puede verse la respuesta del software ante una consulta del estado de los voltajes.

La figura 4 es un gráfico que muestra el consumo de potencia del MEI en función del aumento de voltaje de salida de la fuente de alta tensión.

La figura 5 es un gráfico que muestra el voltaje de salida del MEI en función de la tensión de control configurada.

La figura 6 es un gráfico que muestra la evolución del consumo de corriente en función de la tensión de salida del MEI.

La figura 7 es un gráfico que muestra una rampa generada con un generador de funciones y utilizada como pulso de test para caracterizar la respuesta del circuito AMPTEK de procesamiento de pulsos.

La figura 8 es un gráfico que muestra los pulsos de salida amplificados del A225 (Amarillo) y del A206 (turquesa). La fuente de alta tensión se polarizó a 0 V. Notar que la salida del A206 es igual a la salida del A225 multiplicado por un factor de amplificación igual a cinco.

La figura 9 es un gráfico que muestra el pulso rápido de salida del A225.

La figura 10 es un gráfico que muestra los pulsos de salida amplificados del A225 (Amarillo) y del A206 (turquesa). La fuente de alta tensión se polarizó a 1300 V. Notar que la salida del A206 es igual a la salida del A225 multiplicado por un factor de amplificación igual a cinco. Respecto del caso en que la fuente de HV se polarizó a 0 V, apareció un "ripple" sobre las señales amplificadas.

La figura 11 muestra el detalle del "ripple" producido en las señales al polarizar la fuente de alta tensión con 1300 V. Sobre la señal de salida del A225 tiene una amplitud máxima de 15 mV pico a pico.

La figura 12 es un gráfico que muestra el barrido en frecuencia de la señal de entrada para estudiar la respuesta de la señal de salida del A206. A 58 kHz la amplitud de salida se reduce a la mitad del valor máximo que se alcanza y se mantiene constante por debajo de 2kHz.

La figura 13 muestra la pantalla del osciloscopio donde se pueden ver las cuatro señales que salen del MEI simultáneamente.

La figura 14 es un gráfico que muestra los espectros de altura de pulso obtenidos enviando los pulsos amplificados a un multicanal ORTEC. En todos los casos se puede observar una muy buena relación señal-ruido, a pesar de que los detectores se

polarizaron algo por debajo de su valor óptimo. En ambos casos el detector se usó con y sin cubierta de cadmio en un ambiente de neutrones térmicos, de modo de poner de manifiesto la detección de neutrones.

La figura 15 es un gráfico que muestra los espectros de altura de pulsos de un detector de barrera de superficie de silicio ORTEC de 1500 μm de espesor, polarizado a +300 V. El espectro de la izquierda corresponde a un mix de emisores Alfa (241Am-239Pu-244Cm). A la derecha el espectro beta de una fuente de 90Sr, la diferencia entre los espectros se debe a que para la adquisición de uno de ellos (rojo) se colocó un papel entre el detector y la fuente.

10

DESCRIPCION DETALLADA DEL EJEMPLO DE REALIZACION

El MEI puede ser descrito a partir de cuatro sub-módulos principales: alimentación, control, procesamiento de pulsos analógicos y fuente de alta tensión. Conceptualmente el diagrama de conexiones es el que se muestra en la Figura 1.

La alimentación externa del MEI es de +12 V DC y la fuente de alimentación puede ser una batería o un transformador 220 V $\sim$ / +12V $\rightarrow$. Una vez alimentado el MEI, se distribuye la alimentación hacia los demás submódulos. Es provisto de +12 V el circuito de procesamiento de pulsos y con + 5 V el submódulo de control.

El submódulo de control está dominado por un micro controlador Atmega328P que puede ser configurado por software desde una PC a través de un puerto USB. Dicho software permite establecer una rampa de encendido y apagado de la fuente de alta tensión, visualizar el valor de tensión instantánea y otros parámetros eléctricos de interés, establecer un valor arbitrario de tensión o programar un valor de tensión por defecto.

25

El submódulo de alta tensión lo constituye una fuente de alta tensión miniatura que puede entregar hasta 1,5 kV. Este componente es de marca EMCO, modelo A15P12, y tiene un pin de control que permite al microcontrolador establecer valores de tensión de salida en función de regular la tensión de ese pin entre 0 y +5V.

5 El submódulo de procesamiento de pulsos es una cadena de componentes AMPTEK, conformada por el A225 y el A206 montados sobre una placa AMPTEK PC25. El A225 entrega dos señales, una analógica amplificada y una rápida de "timing". El A206 es el amplificador/discriminador que toma como entrada la señal amplificada que entrega el A225 y le aplica un factor de amplificación que puede ser regulado por
10 una resistencia variable. Entonces el A206 entrega una segunda señal amplificada (aproximadamente cinco veces la de entrada) y un pulso TTL de discriminador. El nivel de discriminación también puede ser ajustado con una resistencia variable. Todo se encuentra montado en la placa PC25 de AMPTEK que incluye las resistencias variables descriptas.

15 Para las pruebas iniciales del MEI se procedió a realizar el diseño electrónico de los bloques que lo componen junto con la placa de PCB prototipo para poder caracterizar el mismo.

Tal como se comentó anteriormente, el esquema eléctrico está dividido en cuatro partes componentes:

- 20
- a) Fuente de alimentación
 - b) Etapa de Control
 - c) Amplificación de señal
 - d) Manejo de alta tensión

La fuente de alimentación es la parte encargada de entregar la potencia
25 y tensiones necesarias para que las restantes partes componentes del circuito puedan

funcionar adecuadamente. Acepta voltajes de entrada en el rango de 12 V a 18 V y se compone de dos reguladores integrados (LM7812 y LM7805) y sus componentes de polarización asociados. El regulador integrado LM7812 es el encargado de entregar la tensión de trabajo para la fuente de alta tensión y la etapa de amplificación; a su vez
5 entrega la tensión de polarización el circuito integrado LM7805. Este último es el encargado de alimentar los circuitos de control y la etapa de salida para el discriminador (niveles TTL).

Esta etapa cuenta con un jumper capaz de inhabilitar el circuito integrado LM7812, en caso de que la alimentación sea de 12 V regulados; de esta forma se deja
10 solo el LM7805 para regular, a partir de la fuente de alimentación regulada externa de 12 V, la tensión que se le entrega al circuito de control (microcontrolador). Por defecto se deja el jumper en estado abierto, permitiendo a los dos reguladores integrados actuar en el circuito de alimentación del MEI.

En la etapa de control el, circuito de control está compuesto por un
15 microcontrolador ATmega328P como parte principal del esquema. El ATmega328P es el que maneja las comunicaciones con la computadora conectada al MEI, implementando el protocolo de comunicación RS232; además de controlar las tensiones de polarización para la fuente de alta tensión EMCO-A15P12 y de las demás etapas. El microcontrolador genera la rampa de polarización para la fuente de alta tensión y para el
20 circuito discriminador valiéndose de señales **PWM** acompañado por un filtro pasa bajos; permitiendo convertir las señales digitales en analógicas (0 V a 5 V). Dentro del PCB eexisten puntos críticos de monitoreo. Desde estos puntos llegan pistas de circuito impreso a los **ADC** del micro, a partir de donde se puede mantener un continuo monitoreo de esos puntos, permitiendo al micro actuar. Todas las opciones elegidas por

el usuario son procesadas por este bloque y luego ejecutadas en el bloque correspondiente.

La etapa de amplificación está compuesta por un par de componentes Amptek (A225 y A206), con lo cual se forma una cadena de amplificación con
5 sensibilidad del orden de 0.83 micro-volts/electron. El amplificador A225 es un preamplificador de carga/señal de alta ganancia, recibe señales de entrada negativas, tiene un peaking time (típico) de 2.5 micro-segundos y es capaz de entregar pulsos de salida unipolares o bipolares. El amplificador A206 es un amplificador de
10 tensión/discriminador de bajo nivel capaz de actuar en conjunto con el preamplificador A225 para llevar los niveles de tensión obtenidos desde los detectores a niveles de trabajo más cómodos para realizar las correspondientes mediciones. El A206 tiene una ganancia nominal (típica, no inversora) de 10, puede recibir pulsos de entrada unipolar o bipolar y entrega pulsos unipolares positivos con un ancho típico de 5 μ s. Como
protección de esta etapa se pueden colocar dos diodos (**1N459**) en polarización opuesta.
15 Estos son diodos rápidos, de bajo ruido y actúan como limitadores del nivel de señal de entrada para el pre-amplificador A225. En caso de ser necesario (por exceso de ruido en la etapa de entrada, por ejemplo) se pueden sacar dichos diodos del circuito de entrada simplemente abriendo un jumper. La entrada denominada TEST está conectada a través de un circuito de acondicionamiento a la entrada del preamplificador A225 y permite
20 realizar la calibración del MEI.

Las salidas disponibles al usuario son las de OUTPUT y TIMING PULSE (**TP**), provenientes del A225 y VOLTAGE OUTPUT (**VA_OUT**) y DISCRIMINATOR OUTPUT (**DISC_OUT**), provenientes del A206.

En el PCB, este bloque está preparado para recibir una placa PC-25 de
25 Amptek (placa de desarrollos del fabricante) o para colocar los componentes sobre la

placa principal. De este modo, si no se desea colocar la placa PC-25 o para bajar costos, se pueden colocar los componentes directamente en el PCB principal.

El circuito de alta tensión está compuesto por la fuente de alta tensión integrada EMCO-A15P12 y su circuitería de polarización adosada. Esta fuente posee un
5 pin de control capaz de recibir tensiones en el rango de 0 V a 5 V y entrega a su salida alta tensión proporcional a la de control. El pin de control es manejado por el microcontrolador a través de una señal PWM y un filtro pasa bajos. Esta etapa es la encargada de polarizar el detector conectado al MEI con alta tensión positiva respecto de la tierra del circuito. La comunicación entre una computadora y el MEI es
10 bidireccional y se realiza implementando la interfaz de comunicación RS-232.

El firmware cargado en la memoria flash del microcontrolador permite al usuario tener una interfaz accesible y fácil de utilizar. No se requiere tener instalado ningún software propietario en la computadora ya que la comunicación puede establecerse mediante algún emulador de terminal, como **HyperTerminal** en Windows
15 o **Minicom** en Linux. Este tipo de implementación permite, además, independizarse del sistema operativo que utilice el usuario final, lo cual hace que el sistema sea aún más flexible.

La configuración del puerto de comunicación es la siguiente:

Baud Rate = **9600**
20 Bits de Datos = **8**
Paridad = **N**
Bits de Parada = **1**
Hardware Flow Control = **No**
Software Flow Control = **No**
25 Emulación de Terminal = **VT102**

El firmware muestra un menú inicial a partir del cual el usuario puede decidir qué opción tomar. Las opciones de configuración y verificación ofrecidas son las ilustradas en la figura 2.

La opción de Mostrar el estado de los voltajes del sistema, permite al usuario verificar los valores de los voltajes en el sistema en el momento de la consulta. El usuario puede así conocer:

- a) El voltaje de entrada aplicado al MEI
- b) El voltaje de comparación aplicado al discriminador
- c) El valor configurado por defecto del voltaje de alta tensión
- 10 d) El voltaje de control aplicado a la fuente de alta tensión
- e) El nivel de alto voltaje que se está aplicando
- f) Un mensaje indicando si efectivamente se está aplicando el alto voltaje a la salida (al detector)

Respecto al punto c vale aclarar que el valor configurado por defecto del voltaje de alta tensión hace referencia al valor que se encuentra configurado en la memoria no volátil del micro-controlador y que corresponde al valor de alta tensión que aplicará el MEI al detector conectado al él, cada vez que se encienda. Este valor es configurable en tiempo de ejecución y permite tener un nuevo voltaje de alta tensión aplicado al detector la próxima vez que se encienda el MEI.

Al final el firmware entrega una leyenda indicando si la fuente de alta tensión está encendida o no (entiéndase aplicando alto voltaje o no).

En la figura 3, se puede apreciar la capacidad del firmware de detectar si el módulo está o no entregando la alta tensión al detector. Puede verse que la tensión de entrada es de OV y que la configuración para el alto voltaje está en 1000 V, pero sin embargo, al ser la tensión de entrada del MEI igual a cero, el mensaje final que entrega

el programa es el de "HV is NOT present", indicando que la alta tensión no se está aplicando efectivamente. Esto es posible, gracias a que en la placa existen puntos críticos de sensado permanente y que permiten al microcontrolador conocer los voltajes en esos puntos y actuar en consecuencia.

5 La opción de configurar un nuevo valor de alta tensión, permite al usuario cambiar el valor de alta tensión aplicado al detector en tiempo de ejecución, pudiendo subir o bajar el valor de dicho voltaje, según la conveniencia de la medición realizada. Configurar un nuevo valor para el nivel de discriminación, permite variar el nivel de tensión con el que se compara la señal de salida del amplificador y así tener una señal
10 de referencia para poder determinar la existencia de señales útiles en la medición. En el PCB existe un jumper que permite hacer esto mismo pero de forma manual (analógica). Cambiando el valor de una resistencia se puede variar el nivel de discriminación. Con esto, el usuario final cuenta con las dos opciones, digital y analógica para el cambio del nivel de discriminación. Al configurar un nuevo valor para el voltaje aplicado por defecto al inicio, el usuario es capaz de cambiar el valor por defecto con el que la fuente
15 de alta tensión iniciará la próxima vez que se encienda el MEI. Este valor es guardado en una memoria no volátil, por lo que es retenido entre ciclos de encendido/apagado del MEI. Cualquiera de estas opciones puede accederse colocando el número de opción correspondiente y presionando la tecla ENTER en la computadora. Ante cada elección,
20 el MEI proporciona una respuesta corta y acorde al requerimiento.

El diseño estructural del MEI se concibió pensando en la comodidad práctica de su utilización en el laboratorio. Con su forma rectangular se buscó un módulo de fácil armado (y desarmado) y dócil a la manipulación, todo esto sin sacrificar robustez mecánica y una estética profesional. Como material a utilizar se escogió el
25 **aluminio**, básicamente por su fácil maleabilidad mecánica, refleja bien la radiación

electromagnética y es un material ligero. Se tuvo en cuenta además, su bajo costo y disponibilidad. Se pensó en un tamaño mínimo acorde a una cómoda manipulación pero que fuera a su vez compatible con los tamaños del contenido electrónico y el tamaño de los conectores.

5 La estructura se divide básicamente en tres (3) partes:

1. Cuerpo principal
2. Tapas del cuerpo principal
3. Barras de unión + blindaje interno

La suma de las partes (2) y (3) corresponde a la parte móvil de la estructura.

10 Para el ensamblaje se utilizan 7 tornillos 5/32" por ¼" de largo, cabeza "avellanada". Sistema de apriete: ranura. Material: aleación de hierro y carbono.

Detalle de material utilizado:

1. Aluminio estructural **Serie 1000**
2. Chapa aluminio **Serie 2000**
- 15 3. Aluminio **Serie 2000**

El consumo de potencia en el MEI está dominado por el consumo de la fuente de alta tensión, y en menor medida por la etapa de amplificación; es por eso que a medida que se aumenta el alto voltaje que entrega el MEI, es posible apreciar un aumento sustancial de la potencia consumida por el módulo. Sin embargo dicho

20 aumento de potencia se mantiene siempre por debajo del vatio de potencia. La contribución al consumo de potencia de la etapa de control es totalmente despreciable comparada con la de las otras etapas.

Como puede observarse, la potencia consumida por el MEI es baja, cosa que lo convierte en una herramienta ideal para aplicaciones donde el ahorro de energía es

primordial como pueden ser aquellas aplicaciones en las que se requiera alimentar el sistema con baterías.

Una vez culminado el montaje, el prototipo del MEI se probó en el laboratorio. Las pruebas preliminares consistieron en caracterizar los pulsos de salida
5 proveyendo al equipo con una señal de test por la entrada que para eso el diseño prevé. Estas pruebas se realizaron estableciendo dos tensiones de salida en la fuente de alta tensión incorporada en el MEI, 0 V y 1300 V. En ambos casos se empleó un generador de funciones para alimentar la electrónica con un pulso de test de tipo rampa, con -30 mV de amplitud (60 mV pico a pico) y 90.9 μ s de duración. El "rise" time del pulso es
10 de aproximadamente 28 μ s (Figura 7). Con la señal de entrada de test mostrada en la figura 7 se midieron los pulsos de salida de los componentes A225 y A206.

Los pulsos de salida analógicos amplificados tienen una duración de aproximadamente 6 μ s y el pulso de salida del A206 tienen una amplificación igual a cinco respecto del pulso de salida del A225. El A225 además de un pulso amplificado
15 ofrece una salida de pulso rápido, que se muestra en la Figura 9. El mismo tiene un "rise" time de 90 ns (máximo).

El pulso de test se mantuvo temporalmente igual pero se bajó su amplitud a -10 mV (20 mV pico a pico). La fuente de alta tensión se polarizó a 1300 V. En estas condiciones los pulsos de salida amplificados resultan ser los que se muestran en la
20 Figura 10. Los pulsos de salida del A225 y del A206 son similares a los obtenidos con la fuente polarizada a 0 V pero se observó la aparición de un "ripple" sobre la línea de base de las señales. Dicha perturbación introducida por la fuente de alta tensión se caracterizó, determinando que su amplitud depende de la tensión aplicada en forma proporcional. A 1300 V que es aproximadamente la tensión de trabajo máxima de la

fuelle (nominalmente el máximo es 1500 V), el "ripple" tiene una amplitud de -15 mV medidos en la seña de salida amplificada del A225. (Figura 11)

Por último se estudió la respuesta en frecuencia de la cadena A225 + A206. Para eso se fijó una tensión de entrada del pulso de test de modo tal de obtener a la salida del A206 el mayor pulso posible antes de su saturación, y generando dichos
5 pulsos a una frecuencia baja, de 1 kHz. El pulso de test de entrada justo por debajo de la saturación es de -180 mV (360 mV pico a pico), lo que resulta en un pulso de salida del A206 de aproximadamente 11 V.

Con tal pulso de test a la entrada se barrió la frecuencia de generación entre
10 0,4 y 73 kHz y para cada frecuencia se determinó la amplitud del pulso de salida del A206 dando por resultado la curva de la Figura 12.

Una vez caracterizados los pulsos, se procedió a conectar al MEI dos detectores gaseosos de neutrones de diferente tipo, un detector proporcional de ^3He y una cámara de ionización miniatura de fisión de ^{235}U . En ambos casos los detectores se
15 polarizaron en valores de funcionamiento normal y se acercaron a una fuente de neutrones isotópica. Los pulsos de las cuatro salidas del MEI se observaron en un osciloscopio digital y luego el pulso amplificado se envió a un multicanal ORTEC en el que se obtuvo para cada detector el espectro de altura de pulsos. En las Figuras 13 y 14 se muestran los pulsos en el osciloscopio y los espectros respectivamente.

20 Como parte de la pruebas de funcionamiento del MEI, se lo conectó a un detector de estado sólido tipo barrera de superficie. Estos detectores están constituidos por una fina lámina de silicio, que en este caso tiene 1.5 mm de espesor. Este tipo de detectores son muy utilizados para la detección de partículas cargadas como Alfas, Betas, protones o iones, y se polarizan generalmente a tensiones entre +50 y +400 V,
25 dependiendo del espesor de la zona activa. En esta prueba el detector se polarizó a

+300 V y se obtuvieron los espectros de altura de pulso de una fuente de partículas Alfa triple (^{241}Am - ^{239}Pu - ^{244}Cm) y una fuente Beta de ^{90}Sr . (Ver Figura 15).

REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza de la presente invención y la forma como la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivo:

- 5 1. Un módulo electrónico integrado (MEI) compacto para polarización y procesamiento de pulsos de detectores de neutrones y radiación, estando el modulo caracterizado porque comprende al menos un submodulo de alta tensión, un submodulo de procesamiento de pulsos analógicos, un submodulo de alimentación y un submodulo de control.
- 10 2. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho submodulo de control está dominado por un micro controlador Atmega328P que puede ser configurado por software desde una PC a través de un puerto USB.
- 15 3. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho submodulo de alta tensión está definido por una fuente de alta tensión miniatura que según el modelo elegido por el usuario, puede entregar hasta un máximo de 3kV.
4. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho
20 submodulo de procesamiento de pulsos es una cadena de preamplificadores de carga de ruido bajo.
5. El módulo de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque dicha
 cadena de preamplificadores de carga de ruido bajo están definidos por componentes
25 AMPTEK, conformada por el A225 y el A206 montados sobre una placa AMPTEK

PC25 en donde el componente A225 entrega dos señales, una analógica amplificada y una rápida de "timing".

6. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el
5 submódulo de alimentación define la tarea de entregar la potencia y tensiones necesarias para que las restantes partes componentes del circuito puedan funcionar adecuadamente.

7. El módulo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque dicho
submódulo de alimentación acepta voltajes de entrada en el rango de 12 V a 18 V y se
10 compone de dos reguladores integrados (LM7812 y LM7805) y sus componentes de polarización asociados.

8. El módulo de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque dicho
regulador integrado LM7812 es el encargado de entregar la tensión de trabajo para la
15 fuente de alta tensión y la etapa de amplificación; a su vez entrega la tensión de polarización el circuito integrado LM7805.

9. El módulo de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque dicho
circuito LM7805 es el encargado de alimentar los circuitos de control y la etapa de
20 salida para el discriminador (niveles TTL).

10. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el
submódulo de control está compuesto por un microcontrolador que maneja las
comunicaciones con la computadora conectada al MEI, implementando el protocolo de

comunicación RS232; además de controlar las tensiones de polarización para la fuente de alta tensión EMCO-A15P12 y de las demás etapas.

11. El módulo de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque
5 dicho microcontrolador genera la rampa de polarización para la fuente de alta tensión y para el circuito discriminador valiéndose de señales PWM acompañado por un filtro pasa bajos; permitiendo convertir las señales digitales en analógicas (0 V a 5 V).

12. El módulo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque
10 dicho submódulo de alta tensión está compuesto por una fuente de alta tensión integrada, la cual posee un pin de control capaz de recibir tensiones en el rango de 0 V a 5 V y entrega a su salida alta tensión proporcional a la de control.

13. El módulo de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque
15 dicho pin de control es manejado por el microcontrolador a través de una señal PWM y un filtro pasa bajos.

14. El módulo de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque
dicho submódulo de alta tensión es el encargado de polarizar el detector conectado al
20 MEI con alta tensión positiva respecto de la tierra del circuito.

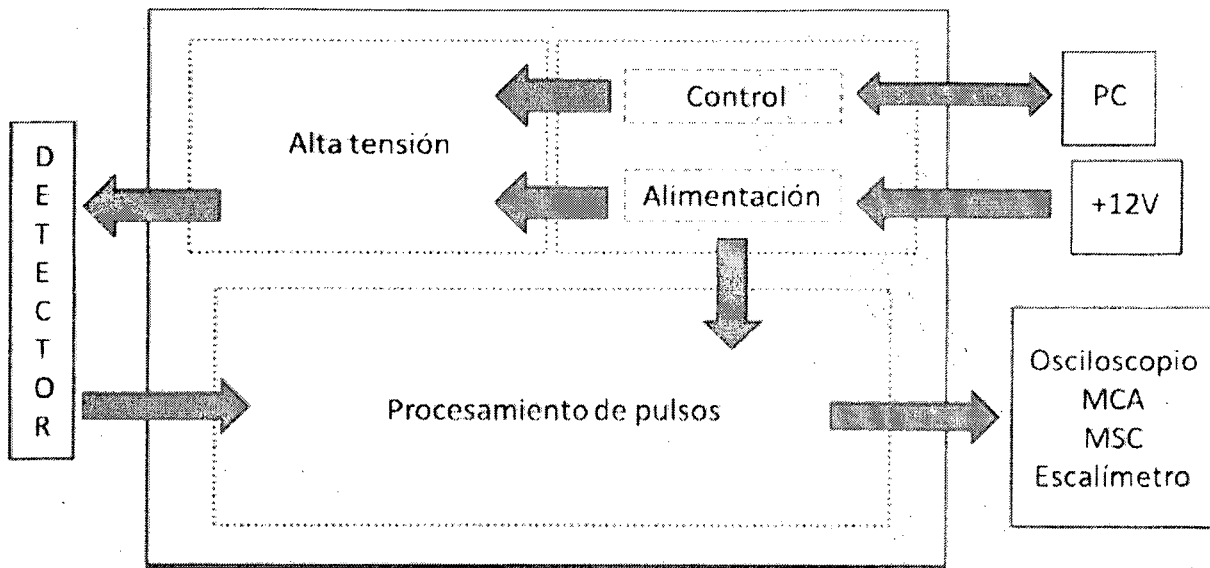


Fig. 1

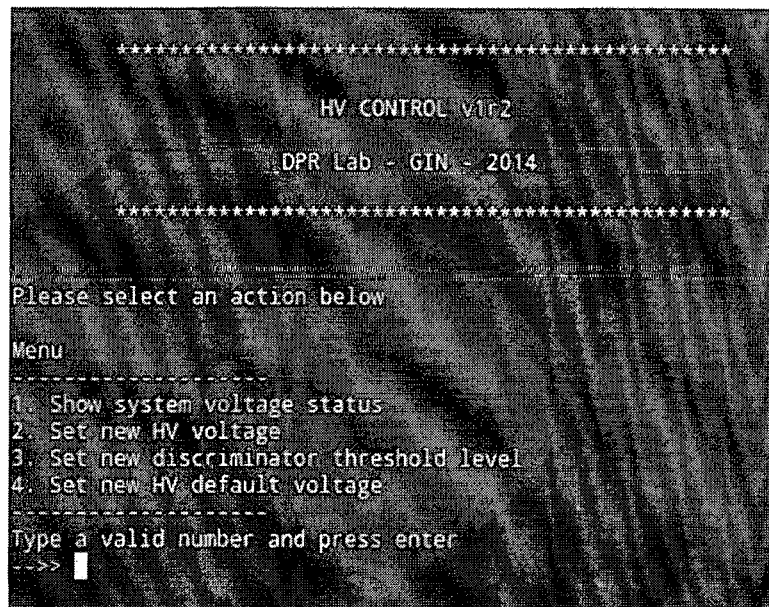


Fig. 2

```
*****
HV CONTROL v1r2
DPR Lab - GIN - 2014
*****

Please select an action below
Menu
-----
1. Show system voltage status
2. Set new HV voltage
3. Set new discriminator threshold level
4. Set new HV default voltage
-----
Type a valid number and press enter
-->> 1
Current system status:
Supply voltage: 0 V
Discriminator threshold voltage level: 0 V
Default HV voltage is set to: 1000 V
HV control voltage: 0 V
HV voltage is set to: 1000 V
HV is NOT present
-->> 
```

Fig. 3

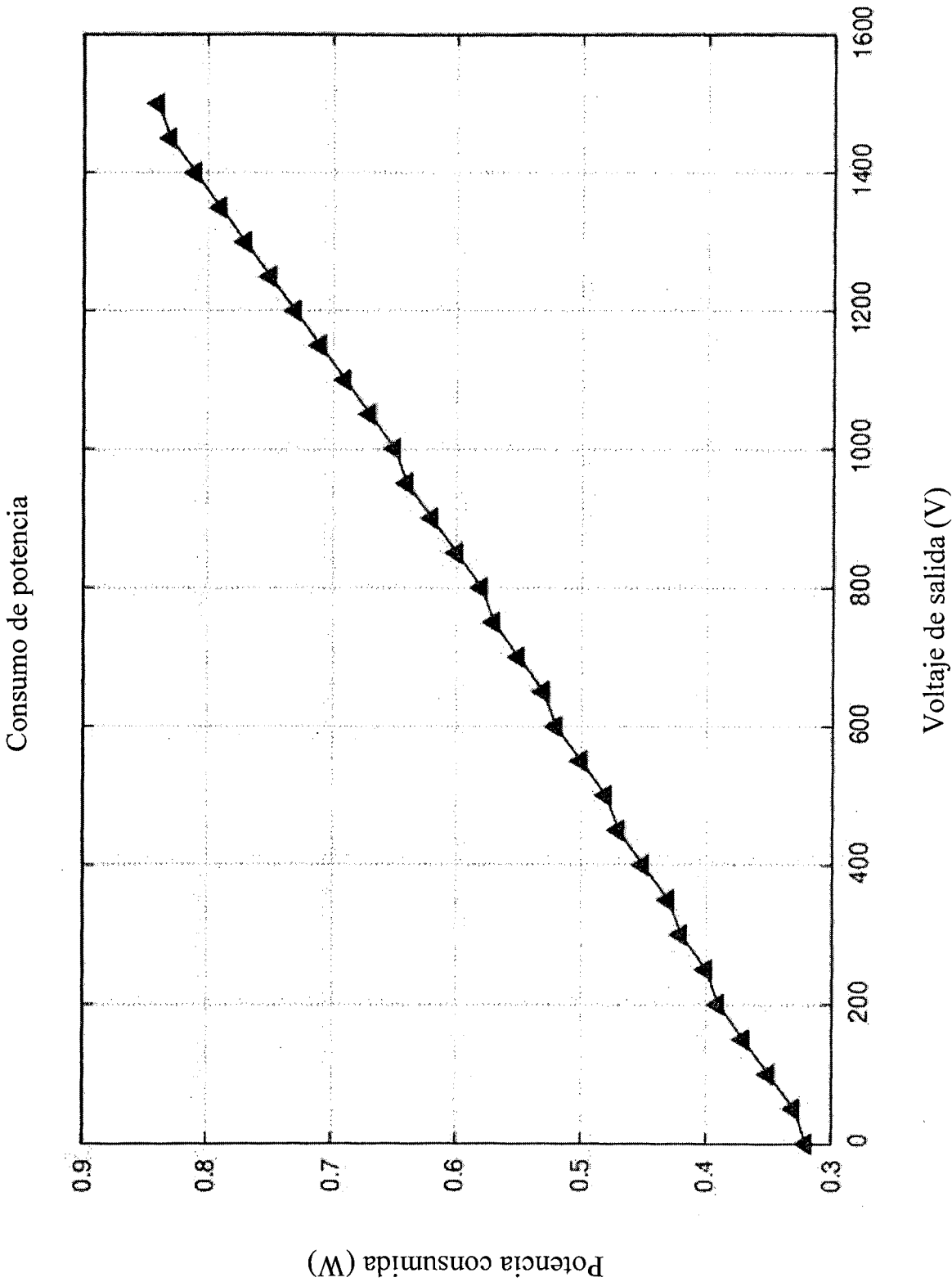


Fig. 4

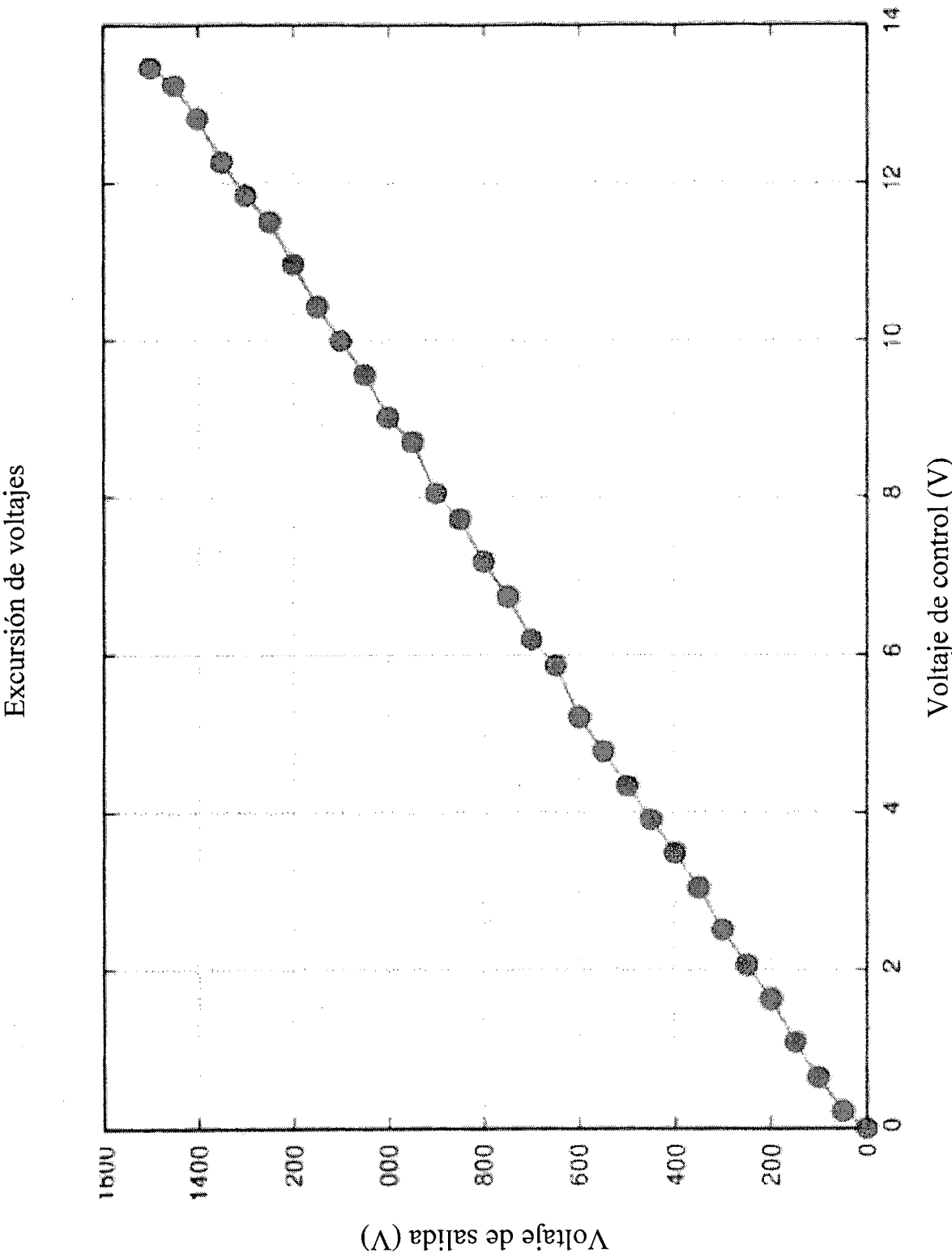


Fig. 5

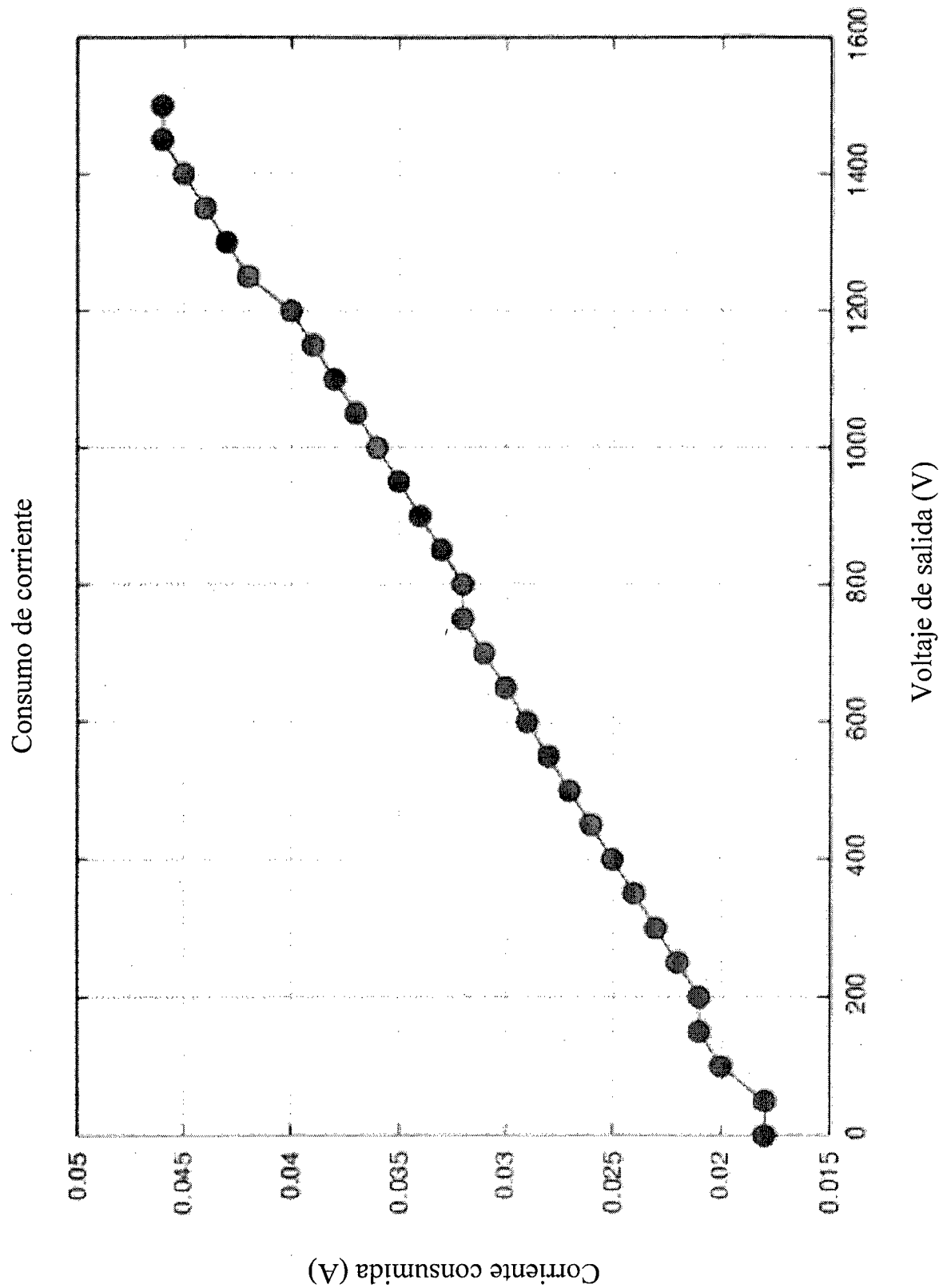


Fig. 6

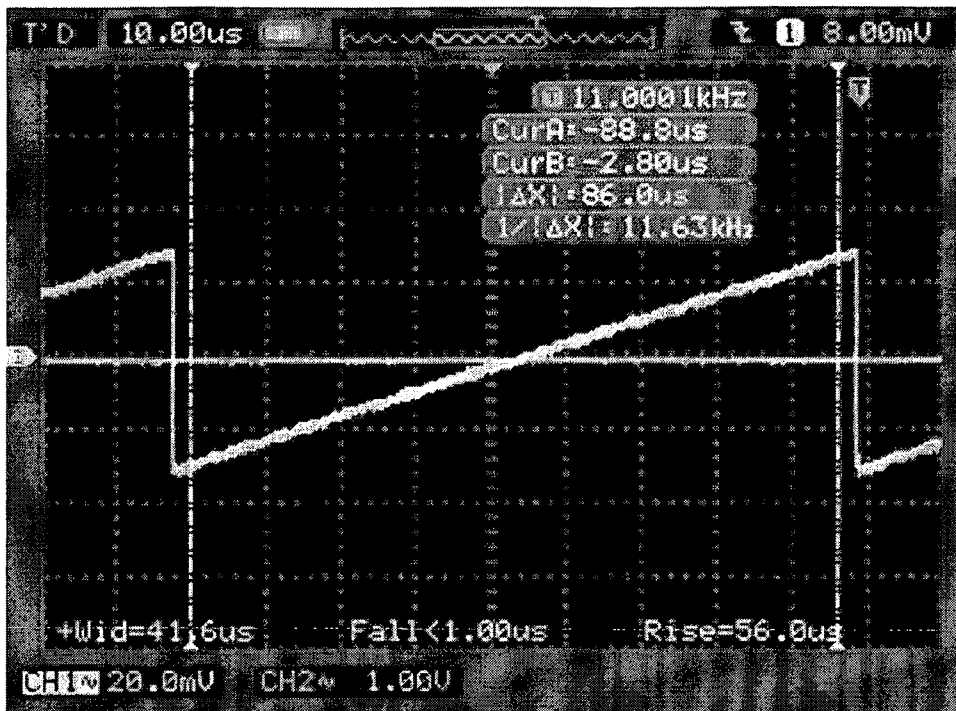


Fig. 7

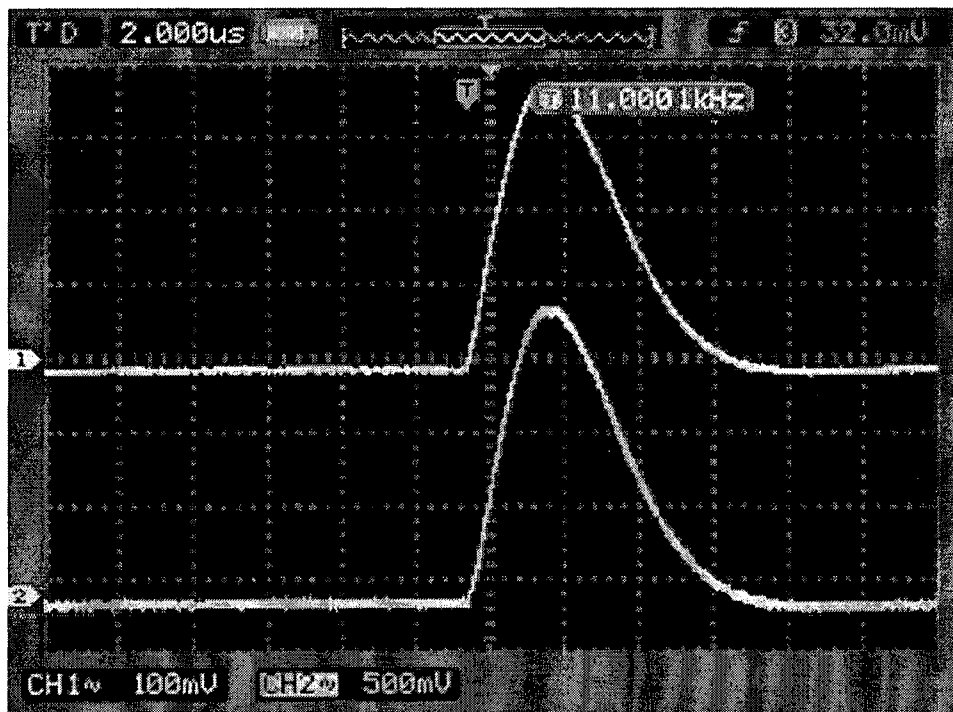


Fig. 8

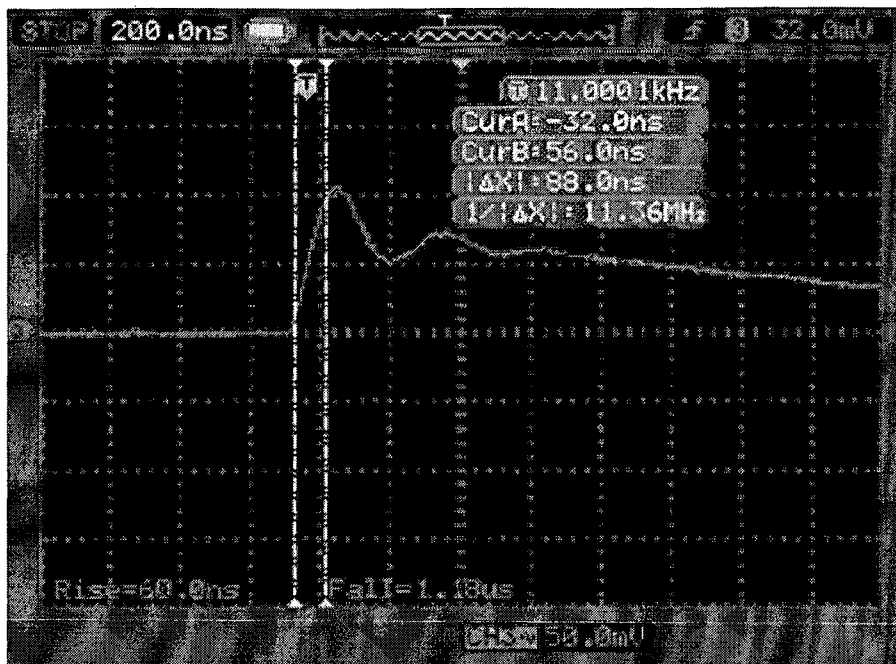


Fig. 9

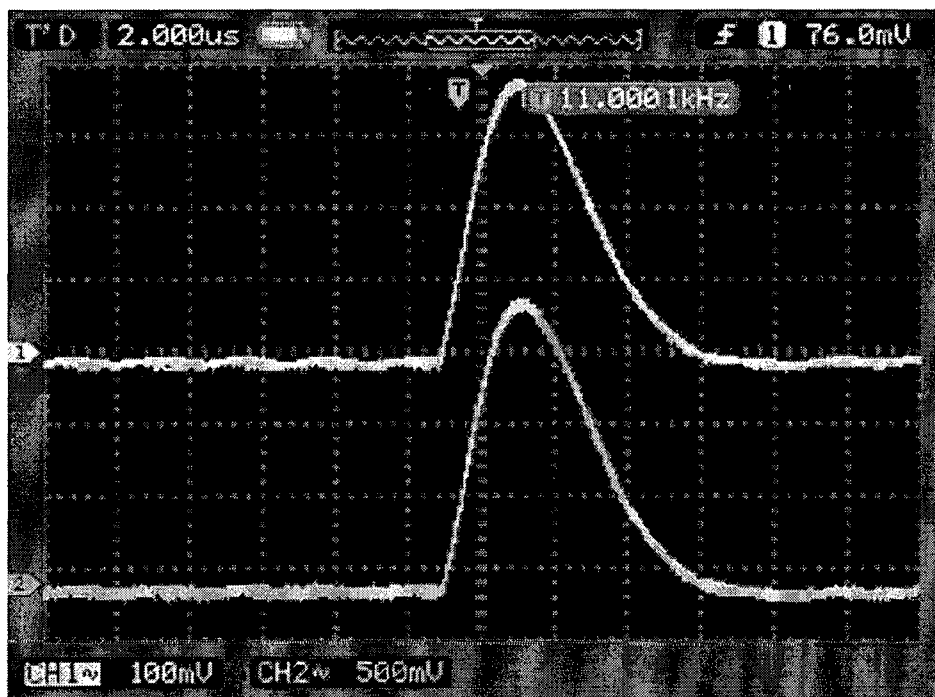


Fig. 10

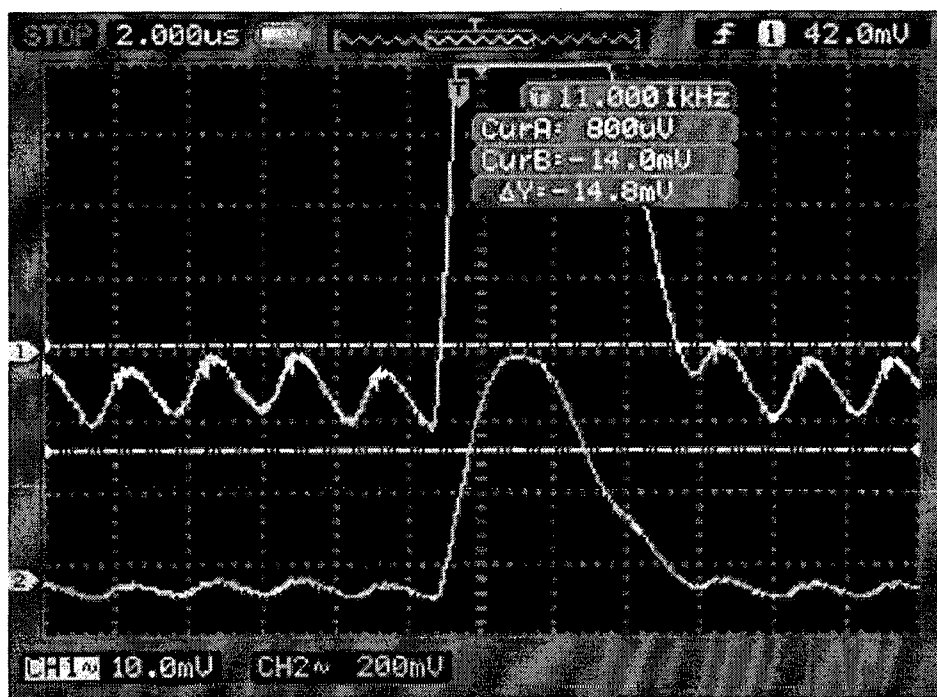


Fig. 11

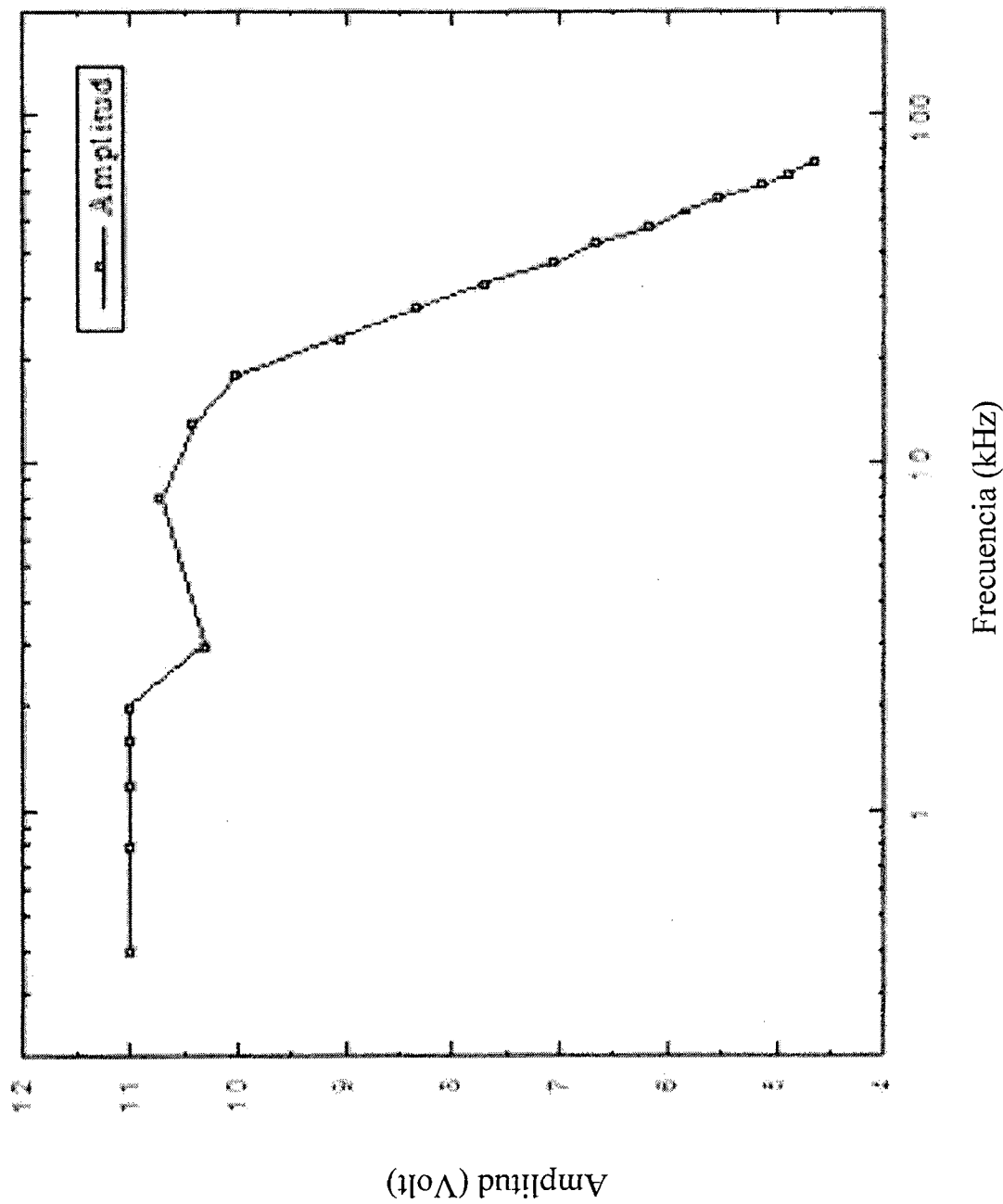


Fig. 12

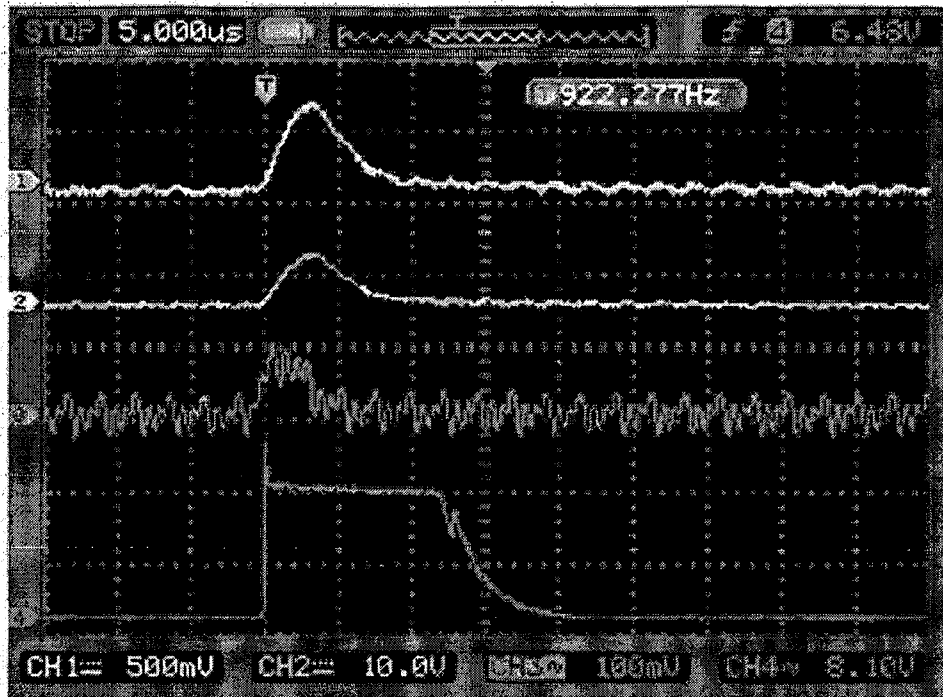
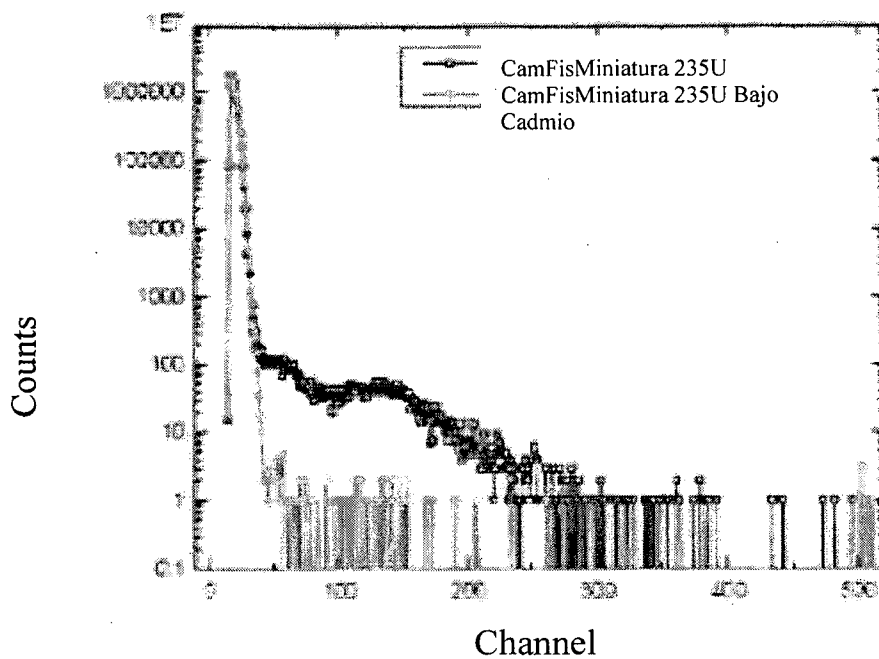
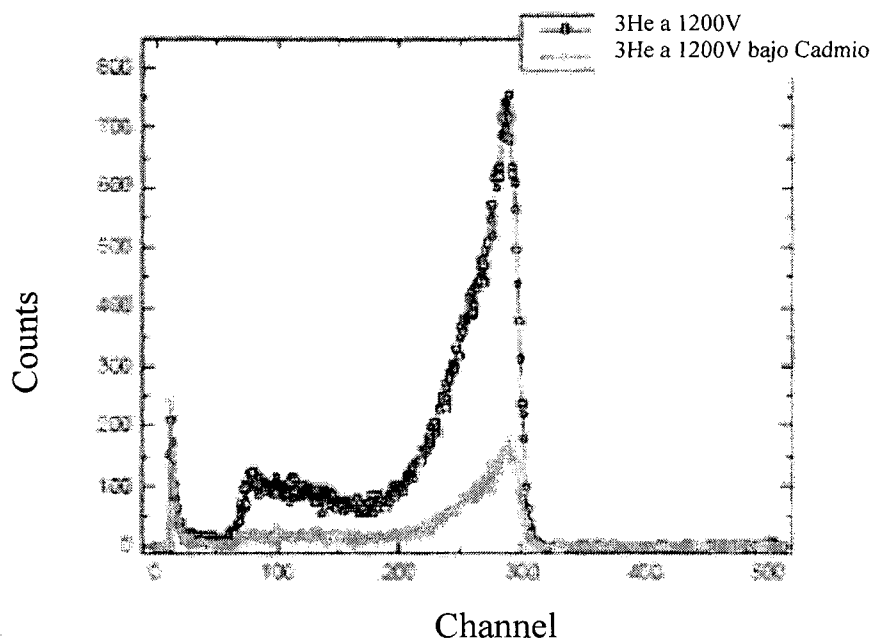


Fig. 13



Espectro de altura de pulsos de una cámara de ionización. Cámara de fisión miniatura de ^{235}U

Fig. 14



Espectro de altura de pulsos de un detector
proporcional de ^3He

Fig. 14

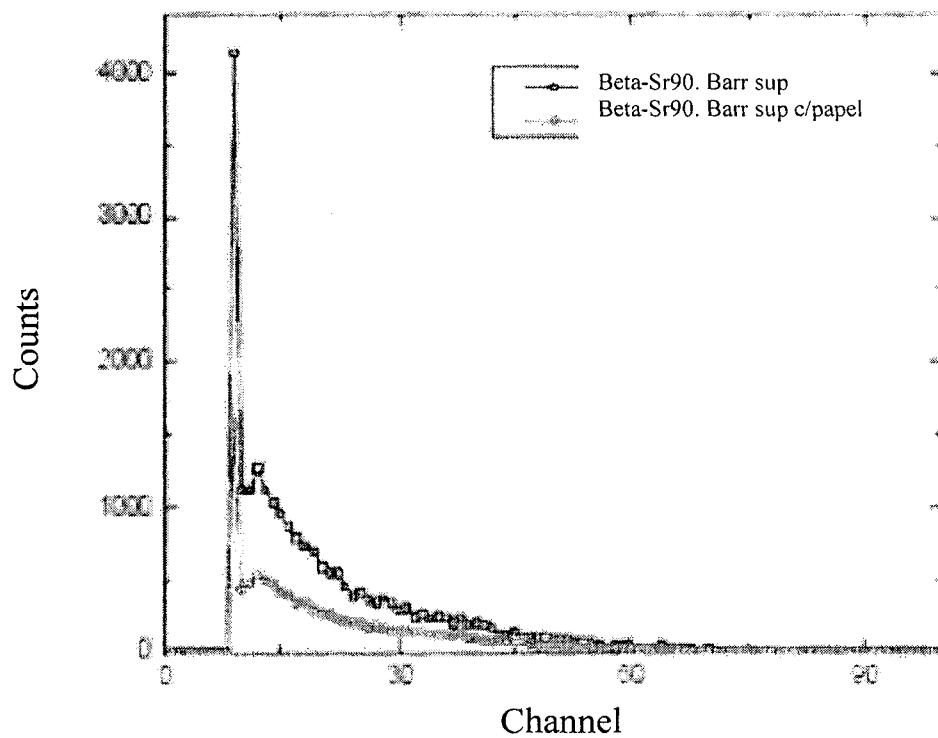
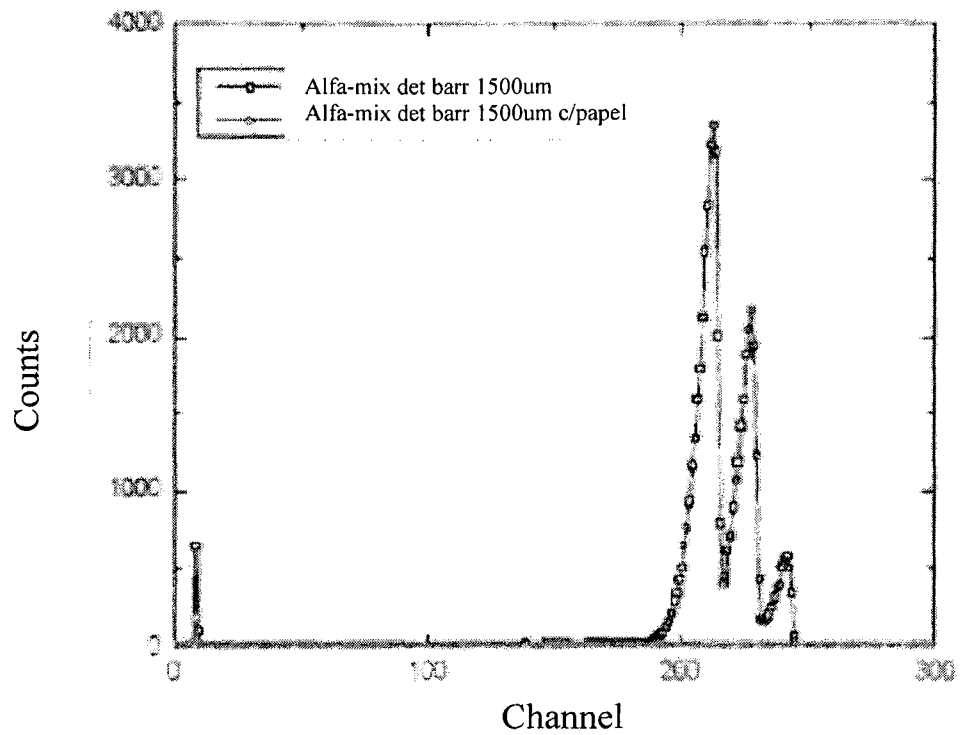


Fig. 15