

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 077 336**

21 Número de solicitud: 201230432

51 Int. Cl.:

H05K 7/02 (2006.01)

G09B 23/18 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación: **20.04.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2012**

71 Solicitante/s:
FUNDACIO PER A LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA
Avinguda del Tibidabo 39-43
08005 BARCELONA, ES

72 Inventor/es:
COBO RODRIGUEZ, GERMAN;
SANTAMARIA PEREZ, EUGENIA;
MORAN MORENO, JOSE ANTONIO;
MONZO SANCHEZ, CARLOS y
GARCIA SOLORZANO, DAVID

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

54 Título: **SISTEMA DE MONTAJE Y MEDICIÓN DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS**

ES 1 077 336 U

DESCRIPCIÓN

Sistema de montaje y medición de circuitos electrónicos.

Objeto de la invención

- 5 La presente invención tiene aplicación en el sector técnico de la electrónica de circuitos, como por ejemplo los circuitos electrónicos que se montan en laboratorios docentes para el estudio de diferentes dispositivos y montajes, y se refiere a un sistema para el montaje y medición de dichos circuitos.

Más concretamente, el objeto de la invención es una plataforma hardware que, conectada a un PC, permite tener a bajo coste funcionalidades propias de un laboratorio tradicional de electrónica, como el montaje, testeo, 10 procedimientos de medida o adquisición de señal

Antecedentes de la invención

- 15 El estudio de la tecnología electrónica tradicionalmente siempre se ha encontrado vinculado al uso de laboratorios presenciales donde un profesor guía a los estudiantes en el uso de diferentes dispositivos, montajes e instrumentos de medida para adquirir conocimientos y competencias profesionales. En las últimas décadas se han producido avances tecnológicos que han permitido cambios significativos en los modelos pedagógicos de enseñanza-aprendizaje, abriendo la puerta a la enseñanza virtual (o a distancia) de competencias tecnológicas, entre las que se cuentan las del ámbito de la electrónica. Actualmente, tanto en modelos presenciales como virtuales, el estudiante se ha convertido en el eje fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje y resulta fundamental proporcionarle nuevas herramientas para la adquisición de estas competencias.

- 20 El coste de laboratorios tradicionalmente ha sido elevado y esto usualmente lleva a un uso restrictivo de los instrumentos de medida y montajes electrónicos por parte de los estudiantes. Con el objetivo de abaratar los costes de implantación de los laboratorios hardware, han aparecido en los últimos años soluciones con diferentes enfoques, a fin de reducir los costes de desarrollo de entornos de prácticas en instituciones educativas. Estas líneas de investigación se han centrado básicamente en dos ámbitos diferentes: el enfoque in situ, que pretende 25 desarrollar equipamiento electrónico de coste asequible para reducir los costes de implantación; y el enfoque remoto, que permite el acceso remoto a los equipos de medida y mejora la eficiencia de uso de los mismos facilitando el acceso a un número muy superior de estudiantes y en un horario más amplio.

- En la variedad de soluciones in situ aparecidas durante los últimos años son reseñables las soluciones de la empresa National Instruments, especialmente con dos equipos propietarios como son el MyDAQ y el ELVIS. 30 Estas dos soluciones académicas permiten el desarrollo de laboratorios físicos con finalidad educativa a un coste razonable, gracias a la integración de instrumentos de prestaciones inferiores a las de los utilizados en el ámbito profesional.

- MyDAQ es un dispositivo portable diseñado por la empresa National Instruments con fines educativos, que, fundamentalmente, proporciona todo un conjunto de aparatos de medida a fin de poder analizar circuitos 35 electrónicos fuera de clases y del laboratorio. El dispositivo consta de 2 entradas analógicas, 2 salidas analógicas, 8 entradas digitales configurables, entrada/salida de audio, salidas de fuentes de alimentación a $\pm 15V$ y $+5V$. Ofrece la posibilidad de medir tensiones, corrientes y resistencias. El dispositivo dispone de un tamaño que permite portarlo fácilmente en una mochila o en un bolsillo amplio y permite realizar medidas mediante el uso de la licencias de LabView, software propietario de National Instruments que obliga al pago de 40 licencias. El objetivo de este dispositivo es llevar el laboratorio a cualquier lugar y en cualquier momento siempre que se disponga de un PC y licencia para su uso. Tiene el inconveniente de no destinar soporte hardware para el montaje de circuitos.

- ELVIS es un dispositivo desarrollado también por la empresa National Instruments que conforma una placa bastante más completa que MyDAQ y que permite la realización de montajes sobre una placa de inserción (o 45 protoboard). Este dispositivo pone a disposición de los usuarios una serie de instrumentos físicos y virtuales, un dispositivo de adquisición de datos a través de bus USB de alta velocidad y una estación de trabajo con una tarjeta de desarrollo de prototipos, lo que lo convierten en una de las herramientas más completas y versátiles del mercado. El uso de esta herramienta permite el diseño y análisis de circuitos para el aprendizaje de electrónica analógica y digital, la adquisición de datos y el acondicionamiento de señal entre otras cosas. Está 50 provista de un conjunto de instrumentación virtual y un software de control propietario de National Instruments. El costo de este dispositivo es muy elevado por lo que difícilmente puede ser adquirido por un estudiante de forma individual, de tal forma que su uso académico se orienta a la implementación del laboratorio presencial en los centros educativos o bien instalándolo en un laboratorio remoto, de tal modo que el estudiante controle remotamente el PC que lo gobierna.

- 55 Otro tipo de dispositivos en la línea de los anteriores y de coste reducido son los dispositivos de instrumentación por USB. Este tipo de dispositivos fundamentalmente son osciloscopios digitales con alguna función extendida de generación de señales. Estos dispositivos son de bajo coste, pero tienen una funcionalidad mucho más limitada que los presentados anteriormente. Permiten capturar señales y realizar análisis sencillos y visualizarlos con el PC. El coste de estos dispositivos depende, fundamentalmente, de sus prestaciones, pero no acostumbra ser un 60 problema, pues no suele ser excesivamente elevado. Estos dispositivos presentan el principal inconveniente de

que no permiten realizar directamente montajes, pues requieren de plataformas externas que permitan realizar el montaje, con lo que se complica el uso en aplicaciones docentes por requerir hardware adicional. No obstante, estas soluciones pueden ser una buena alternativa para disponer de un dispositivo de medida portátil que se pueda utilizar sobre un PC.

- 5 El estado de la técnica por tanto, presenta algunas alternativas a los clásicos laboratorios de electrónica, pero estas soluciones no cubren de forma óptima las funcionalidades de un laboratorio sin disparar las condiciones de portabilidad o coste requeridos. En este contexto, los problemas derivados del coste de equipos completos hace difícil el acceso para los estudiantes a un equipo que sin recurrir a elementos externos permita desarrollar la funcionalidad completa de un laboratorio de electrónica.

10 **Descripción de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de montaje y medición de circuitos electrónicos que supera los inconvenientes antes descritos, pues reúne los elementos para desarrollar los procesos y funcionalidades propias de un laboratorio de electrónica tradicional en una única plataforma de coste reducido y buenas condiciones de portabilidad.

- 15 Concretamente, el sistema de montaje y medición de circuitos electrónicos que la invención propone comprende una plataforma conectada a un ordenador y alimentada por un alimentador conectado a la red eléctrica; además comprende un módulo de alimentación, con dos fuentes conmutadas y una pluralidad de reguladores lineales, conectado al alimentador; un microcontrolador, con dos canales de entrada analógicos y un canal de salida analógico, con conexión al ordenador y al módulo de alimentación; una memoria conectada al microcontrolador;
- 20 un módulo de generación de señal conectado al canal de salida analógico del microcontrolador y al módulo de usuario; un módulo de captura de señal conectado a los dos canales de entrada analógicos del microcontrolador y al módulo de usuario; un módulo de usuario con una placa de inserción que permite al usuario montar circuitos electrónicos y con conexiones al módulo de captura de señal, al módulo de generación de señal y al módulo de alimentación.

- 25 La invención contempla en su realización preferente que el módulo de generación de señal comprenda un amplificador operacional, un amplificador de ganancia variable, una etapa de potencia de clase AB y un elemento de protección frente a cortocircuitos. De este modo se implementa un generador de funciones periódicas.

Se contempla también la posibilidad de que el módulo de captura de señal comprenda un buffer, un amplificador de ganancia variable y un amplificador operacional. De este modo se implementa un osciloscopio.

- 30 El módulo de captura de señal puede implementar en una de las realizaciones un voltímetro.

La combinación del módulo de captura de señal y del módulo de generación de señal puede utilizarse, en una de las realizaciones para implementar un amperímetro o un óhmetro.

La memoria del microcontrolador puede ser de tipo EEPROM y la conexión del microcontrolador con el PC puede realizarse a través de una conexión USB o miniUSB.

- 35 En cuanto a las fuentes conmutadas del módulo de alimentación se contempla la posibilidad de que una fuente sea del tipo "step-down" o convertor de descenso de tensión, para rebajar la tensión con la que se alimenta el sistema desde la fuente de alimentación, y otra fuente de tipo "inverting converter" o convertor inversor para obtener tensiones negativas. Utilizando dichas fuentes conmutadas junto con el efecto de los reguladores lineales, el módulo de alimentación puede ofrecer una pluralidad de tensiones de valores +15V,-15V,-5V,+5V y
- 40 12V.

En cuanto al módulo de usuario, puede incluir un interruptor que habilita o deshabilita los circuitos electrónicos montados sobre la placa de inserción, permitiendo aislar zonas de dichos circuitos electrónicos sin necesidad de desconectarlas. El módulo de usuario puede incluir así mismo un pulsador y un potenciómetro multivuelta, que también pueden ser integrados en los circuitos electrónicos montados sobre la placa de inserción.

- 45 Un último aspecto de la invención recoge la posibilidad de conectar al microcontrolador una pluralidad de diodos LED indicadores de estado para codificar distintos estados del sistema.

Así pues, de acuerdo con la invención descrita, el sistema que la invención propone constituye un avance en los sistemas de montaje y medida de circuitos electrónicos, principalmente en ámbito académico, ya que resuelve de forma satisfactoria la problemática expuesta referente a la obligatoriedad de combinar elementos externos para las medidas u otras funciones, el alto precio de los equipos más completos que imposibilitan su uso, las

50 restricciones que plantea la obligatoriedad de software propietario o las dificultades de portar los equipos.

55 **Descripción de los dibujos**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no

limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista esquemática del sistema completo.

La figura 2.- Muestra un diagrama de bloques del módulo de alimentación del sistema.

5 La figura 3.- Muestra un diagrama de bloques del generador de funciones que incluye el sistema.

La figura 4.- Muestra un diagrama de bloques del osciloscopio que incluye el sistema.

La figura 5.- Muestra un diagrama general de un pre escalador.

Realización preferente de la invención

10

A la vista de las figuras reseñadas puede observarse como en una de las posibles realizaciones de la invención, el sistema de medida y montaje cuenta con una placa electrónica de dimensiones, por ejemplo 167*182*20 mm donde preferiblemente se incorporan los siguientes elementos representados en la figura 1:

15

- Un módulo de alimentación 2 con la circuitería necesaria para generar todas las tensiones que alimentan el resto de la placa, así como para ser utilizadas en el módulo de usuario que, en el caso de la realización preferente son de valor +15V, -15V, +5V, -5V y 12V. Los usuarios tienen acceso a dichas tensiones preferiblemente a través de unos conectores instalados en el módulo de usuario. Este módulo de alimentación consta de varias etapas construidas mediante dos fuentes conmutadas (preferiblemente se utiliza una configurada como un convertor de descenso de tensión 21, para obtener los 3.3 V a partir de los 24 V a los que se alimenta la placa; y otra configurada como un convertor inversor 22, para poder obtener las tensiones negativas) y diversos reguladores lineales (23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 20), a lo largo de las cuales se obtienen todas las tensiones necesarias. La distribución de estas etapas se muestra en la figura 2, en forma de diagrama de bloques.

20

25

Tanto las fuentes conmutadas como los reguladores lineales de esta realización preferente pueden llegar a soportar corrientes elevadas, por ejemplo comprendidas entre 1A y 100 mA. Sin embargo, al no haber disipadores en los dispositivos integrales, la corriente máxima de salida que puede entregar cada fuente se reduce. Se ha definido, para un uso seguro una corriente máxima de 10 mA por cada fuente de alimentación, estando las cinco fuentes trabajando simultáneamente (en caso de estar trabajando una solamente, esta corriente puede alcanzar los 50 mA).

30

- Un microcontrolador 3 usado para gobernar el sistema conectado a un ordenador y al módulo de alimentación, que, en el caso de la realización preferente, se utiliza el STM32F107VC de la casa ST Microelectronics. Contiene un núcleo ARM Cortex M3 a 72 MHz y viene acompañado de una pequeña memoria EEPROM (modelo M24512, también de la casa ST Microelectronics), que permite almacenar datos y que permite también actualizar el firmware desde un ordenador PC, preferiblemente a través de una conexión USB o miniUSB. La capacidad de esta memoria es de 512 Kbytes y puede comunicarse mediante líneas de comunicación I2C con el microcontrolador. Las funciones que realiza el microcontrolador, pasan, fundamentalmente, por generar y capturar las señales que se entregan y reciben, respectivamente, en el módulo de usuario (a través de dos canales de entrada analógicos y uno de salida analógico); configurar parámetros del sistema; y gestionar todo el proceso de comunicación con el PC a través del puerto USB.

35

40

45

El hardware directamente asociado al microcontrolador consta de un cristal de cuarzo, por ejemplo de 25 MHz, necesario para generar la señal de reloj del microcontrolador; un conector JTAG (Joint Test Action Group, norma IEEE 1149.1-1990) para implementar tareas de programación y depuración; y todo un conjunto de condensadores de desacoplamiento, necesarios para reducir los niveles de ruido de conmutación.

50

El hardware asociado a la memoria EEPROM consta únicamente de dos resistencias de polarización para elevar la tensión de las líneas de comunicación I2C, que van directamente conectadas al microcontrolador.

55

- Un módulo de usuario 5 conectado con el microcontrolador (por sus dos canales de entrada analógicos y el canal de salida analógico), el módulo de alimentación y con una placa de inserción, preferiblemente protoboard, en el que el usuario puede realizar todos los montajes que desee de sus circuitos y las conexiones tanto de las fuentes de alimentación como de los aparatos de medida y generación de señal con los que se trabaje desde el PC de forma cómoda. Para realizar estas conexiones se introduce cable, preferiblemente cable unifilar de 0.28 mm, en los orificios deseados y aplicando cierta presión tanto en los de la protoboard como en los de los conectores.

60

Aparte de la placa de inserción protoboard en la que realizar los montajes y de los conectores correspondientes a los aparatos y fuentes, el sistema contempla la posibilidad de integrar también otros componentes de comportamiento variable en el módulo de usuario. Por ejemplo un interruptor es útil

65

para aislar partes de un circuito sin necesidad de desconectarlas, un pulsador, para, por ejemplo, el estudio de circuitos con comportamientos transitorios, o un potenciómetro multivuelta, preferiblemente de 10 K Ω , por ser una resistencia manualmente variable de gran utilidad para, por ejemplo, modificar la ganancia en circuitos amplificadores o ajustar las frecuencias de corte en los filtros.

- Un módulo de generación y captura de señal 8 con dos partes bien diferenciadas:

- Un generador de funciones periódicas 4 implementado a partir del módulo de generación de señal, conectado al módulo de usuario y también a la placa de inserción, el cual permite entregar en el módulo de usuario una señal de tensión a través del canal analógico de salida del microcontrolador, previo paso por una etapa del post escalador 1. Se requiere para ello generar las muestras correspondientes al periodo básico de la señal deseada desde el PC, el tiempo entre muestras deseado y el nivel del post escalador 1.

El funcionamiento del generador de funciones en esta realización preferente de la invención consiste en que el microcontrolador tiene un conversor digital-analógico 31 que puede generar tensiones entre 0 y 3.3 V. Para poder tener tensiones negativas, la señal de salida del conversor pasa por un amplificador operacional 32 que le añade un offset negativo. Así, en la salida del operacional se obtienen tensiones entre -1.65 y +1.65 V. A continuación, se sitúa un amplificador de ganancia variable 33 (o post escalador) que permite obtener tensiones de salida de 15 V de pico tanto positivas como negativas. La parte final del generador, consta de una pequeña etapa de potencia de clase AB 34, que proporciona la corriente requerida (con un máximo de 50 mA). Como medida de protección, en la salida del generador se incluye una resistencia de coeficiente de temperatura positivo (o polyswitch) 35 de 50 mA para limitar posibles cortocircuitos o un posible exceso de consumo. Puede verse un esquema en la figura 3.

- Un osciloscopio 5 implementado a partir del módulo de captura de señal, conectado al módulo de usuario y conectado a la placa de inserción que permite capturar dos señales de tensión a través de los dos canales analógico de entrada del microcontrolador, previo paso por las etapas de Pre escaladores. Es necesario configurar la velocidad de captura de la señales de entrada (frecuencia de muestreo de los conversores analógico-digital que tiene el microcontrolador), los niveles de los pre escaladores para ajustar las tensiones de las señales a los voltios por división seleccionados en el osciloscopio) y las condiciones de disparo (nivel, canal y tipo de disparo, que determinan el instante en que se inicia la medida) del proceso de captura de señal.

El osciloscopio consta de tres bloques. Para cada uno de sus dos canales de captura (41,42), aparece en primer lugar un buffer (43,44) que garantiza una impedancia de entrada muy elevada, a fin de evitar caídas por desadaptación de impedancia de la tensión de entrada. Seguidamente, se encuentra el pre escalador (45,46) del canal, cuya ganancia se ajusta en función del nivel de señal presente en la entrada a fin de no saturarlo. Dado que los canales de entrada del microcontrolador no aceptan tensiones superiores a los 3.3 V, el pre escalador debe ajustarse bajo la premisa de que no haya más de 3.3 V de pico a pico en su salida. Como medida de protección, en la salida del generador se incluye una resistencia de coeficiente de temperatura positivo (o polyswitch) 35 de 50 mA para limitar posibles cortocircuitos o un posible exceso de consumo. Y en último lugar, se encuentra otro amplificador operacional (49,50) que añade un offset a la señal a fin de garantizar una señal entre 0 y 3.3 V en la entrada del microcontrolador. Puede verse representado en el diagrama de bloques de la figura 4.

La equivalencia, en esta realización preferente, entre el nivel de tensión capturado por el osciloscopio y la señal recibida en el conversor analógico-digital del microcontrolador es la siguiente:

Tensión en la Zona de usuario	Tensión en el conversor A/D
-15 V	0 V
0 V	+ 1.65 V
+15 V	+3.3 V

El módulo de generación y captura de señal comprende también dos pre escaladores y un post escalador que contienen toda la circuitería necesaria para garantizar que las señales analógicas que se entregan (desde el PC y pasando por el microcontrolador) al módulo de usuario 5 y también las que se reciben desde el mismo (de vuelta hacia el PC, previo paso por el microcontrolador), se muevan en los márgenes de amplitud que en cada caso se requiera (en función de, por ejemplo, la tensión de pico a

pico seleccionada en un generador de funciones periódicas, del fondo de escala seleccionado en un multímetro o de los voltios por división seleccionados en un osciloscopio –las interfaces de todos estos aparatos estarían implementadas por software desde el PC–).

Por un lado, los pre escaladores (hay dos, uno por cada canal de entrada del osciloscopio) están situados entre las tomas de señal de salida del módulo de usuario 5 y las entradas de los conversores A/D integrados en el microcontrolador, y son necesarios para poder implementar osciloscopios u otros aparatos de medida (tales como, por ejemplo, un voltímetro o un multímetro) que necesiten capturar señales analógicas del módulo de usuario 5.

Por otro lado, el post escalador (hay uno, correspondiente al canal de salida del módulo de generación de señales) está situado entre la salida del convertor D/A integrado en el microcontrolador y la toma de señal de entrada del módulo de usuario, y es necesario para poder implementar generadores de funciones periódicas u otros aparatos (tales como, por ejemplo, un óhmetro o un generador de señales moduladas) que necesiten entregar señales analógicas en el módulo de usuario.

Las circuiterías respectivas de los pre escaladores y el post escalador están basadas en dos partes. La primera consiste en un amplificador operacional 51 que amplifica la señal en función de la segunda parte, la resistencia variable. Esta resistencia variable consiste en dos conmutadores analógicos 52,53 de cuatro posiciones cada uno (gobernados por el microcontrolador) con los que se pueden seleccionar diferentes valores de resistencia (54-61). Dicha selección es la que permite generar el nivel de tensión de salida, en función del fondo de escala de tensión en el que se desee trabajar. La figura 5 ilustra un diagrama general de un pre escalador (el caso del post escalador es directamente análogo).

- Una conexión USB 6 para realizar la conexión para el ordenador, preferiblemente USB 2.0, que garantiza las velocidades necesarias y es el estándar de comunicación host-periférico más extendido.

A nivel hardware, puesto que el microcontrolador ya aporta casi todo lo necesario para implementar esta conexión, únicamente se monta un conector mini USB y un integrado para proteger el microcontrolador contra posibles descargas electrostáticas.

- Un conjunto de indicadores de estado 7, preferiblemente diodos LED, que en la realización preferente son un conjunto de 3 diodos LED rojo, verde y amarillo, todos ellos conectados al microcontrolador. El sistema utiliza estos diodos para transmitirle al usuario cierta información que codifica a través de un código de colores. Los distintos estados que se contemplan en la realización preferente son:
 - o No se detecta el USB o no se puede establecer la conexión con el ordenador. El microcontrolador no arranca. (tres LED apagados).
 - o La plataforma está lista para ser usada. Hay conexión USB con el ordenador (el primer LED apagado, el segundo amarillo, el tercero verde).
 - o Se está cargando firmware en la memoria EEPROM (el primer LED rojo y parpadeando, el segundo amarillo, el tercero verde).
 - o Se está haciendo una suma de chequeo (o checksum) de la memoria EEPROM (el primer LED rojo, el segundo amarillo, el tercero verde).
 - o Se está programando la memoria del microcontrolador (el primer LED apagado, el segundo verde y parpadeando, el tercero apagado)

Puede incluirse opcionalmente un cuarto LED, por ejemplo uno rojo en el lado opuesto de la placa de inserción, para indicar la presencia (encendido) o ausencia (apagado) de alimentación.

Otros aparatos de medida al margen del generador de funciones y el osciloscopio, que son los que han sido implementados en esta realización preferente, se contemplan en otras realizaciones de la invención. Un voltímetro, un frecuencímetro o un detector de pico pueden ser implementados desarrollando pequeños cambios de software en el ordenador conectado al sistema. También se contempla la posibilidad de implementar otros aparatos de medida con distintas funcionalidades, como un amperímetro o un óhmetro, añadiendo únicamente uno o dos componentes necesarios en la placa de inserción protoboard.

La presente invención se ayuda de un ordenador como interfaz con el usuario. Se han desarrollado algunas funciones en software que facilitan el control del sistema por el usuario. Fácilmente pueden hacerse multitud de modificaciones para adaptar la funcionalidad del sistema, pero a continuación se detalla únicamente el funcionamiento de los módulos de generación de señal y de captura de señal para su implementación preferente, que es la generación de funciones periódicas y un osciloscopio respectivamente.

El módulo de generación de señales puede controlarse desde el ordenador gracias a herramientas que permiten enviar las muestras necesarias y configurar los parámetros que se comentaban anteriormente.

Es decir, el usuario puede introducir, a través del ordenador, la velocidad de captura de la señales de entrada (frecuencia de muestreo de los conversores analógico-digital que tiene el microcontrolador), los niveles de los pre escaladores para ajustar las tensiones de las señales a los voltios por división seleccionados en el osciloscopio) y las condiciones de disparo (nivel, canal y tipo de disparo, que determinan el instante en que se inicia la medida) del proceso de captura de señal.

La función que ajusta el tiempo de muestra (o frecuencia de muestreo) de la señal que se desea generar, comprende la configuración de dos parámetros, PSC (el pre escalador del temporizador interno del microcontrolador) y ARR (el registro de auto-arranque del temporizador interno del microcontrolador), cuyos valores han de ser necesariamente enteros comprendidos entre 0 y 255 y que permiten determinar el tiempo entre muestras (la frecuencia fundamental de la señal analógica generada dependerá siempre de la frecuencia de muestreo y del número de muestras del periodo básico de dicha señal).

Se detalla a continuación la relación entre el tiempo de muestra (T_s) y los parámetros PSC y ARR:

$$T_s = \frac{(PSC + 1) \cdot (ARR + 1)}{72 \text{ MHz}}$$

donde los 72 MHz se corresponden con la frecuencia del reloj interno del microcontrolador. Así, por ejemplo, para generar una señal periódica de 100 Hz de frecuencia fundamental (f_o) a partir de un periodo básico de 512 muestras lo primero es calcular el tiempo entre muestras (T_s):

$$T_s = \frac{T_o}{\text{número de muestras}} = \frac{1}{f_o} \cdot \frac{1}{\text{número de muestras}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{512} = 19.53 \mu\text{seg}$$

Ahora ya se puede aplicar la primera ecuación:

$$T_s = \frac{(PSC + 1) \cdot (ARR + 1)}{72 \text{ MHz}}$$

$$ARR = \frac{T_s \cdot 72 \text{ MHz}}{PSC + 1} - 1$$

En este cálculo aparece un grado de libertad: el valor del parámetro PSC. Fijándolo, por ejemplo, a 20, se obtiene el valor correspondiente del parámetro ARR :

$$ARR = \frac{19.53 \cdot 10^{-6} \cdot 72 \cdot 10^6}{20 + 1} - 1 = 65.96 \cong 66$$

La única limitación a la hora de determinar los valores de los parámetros PSC y ARR es que estos han de cumplir la siguiente inecuación:

$$\frac{72 \text{ MHz}}{(PSC + 1) \cdot (ARR + 1)} < 351 \text{ kHz}$$

donde los 351 kHz corresponden con la máxima frecuencia de muestreo a la que puede trabajar la placa. De este modo, desde el software del ordenador se puede optimizar este cálculo para obtener los dos valores enteros para los parámetros PSC y ARR que, respetando esta inecuación, mejor aproximen el valor de T_s .

En cuanto al módulo de captura de señal y a fin de poder capturar las muestras y configurar los parámetros, el usuario puede hacer uso del ordenador para a través de un conjunto de funciones implementadas en software configurar la velocidad de captura de la señales de entrada (frecuencia de muestreo de los conversores analógico-digital que tiene el microcontrolador), los niveles de los pre escaladores para ajustar las tensiones de las señales a los voltios por división seleccionados en el osciloscopio) y las condiciones de disparo (nivel, canal y tipo de disparo, que determinan el instante en que se inicia la medida) del proceso de captura de señal.

La función que permite configurar el tiempo de muestra (o frecuencia de muestreo) de los conversores A/D del microcontrolador es análoga a la utilizada para el módulo de generación de señal. Las condiciones de cálculo de los parámetros PSC y ARR son idénticas a las presentes en el caso del módulo de generación de señal, con la única diferencia de que ahora se configura la frecuencia de

muestreo de los conversores A/D en lugar del tiempo entre las muestras generadas por el conversor D/A. Sabiendo que la máxima frecuencia de muestreo a la que puede trabajar la placa es de 351 kHz, si, a modo de ejemplo, se desea garantizar un mínimo de 10 muestras por periodo, la máxima frecuencia analógica que se debería manejar desde el módulo de usuario sería de 35.1 kHz.

5

Las condiciones de disparo del proceso de captura de señal se configuran mediante una función con varios parámetros. Un primer parámetro indica en qué canal de entrada se aplica el disparo, un segundo parámetro indica el tipo de disparo, que puede configurarse para un disparo por flanco de subida o para un disparo por flanco de bajada, y un tercer parámetro que indica el nivel de pre disparo (entre 0 y 100%).

10

Finalmente, un cuarto parámetro codifica el nivel de disparo (adoptando valores entre 0 y 4095 resultantes de codificar en una palabra de 12 bits el nivel de tensión de disparo normalizado). Para calcular este código se deben tener en cuenta tanto el nivel de pre escalador seleccionado como el offset de +1.65 V que se suma a la señal antes de atacar los conversores A/D del microcontrolador. De este modo, si, por ejemplo, se desea fijar un nivel de disparo de 2.5 V estando configurado un pre escalador de 0.556 (200 mV/div, ver Tabla 3), el valor de este cuarto parámetro se calcula del siguiente modo:

15

$$\text{Disparo} = \frac{(0.556 \cdot 2.5 \text{ V}) + 1.65 \text{ V}}{3.3 \text{ V}} \cdot 4095 = 3772.36 \cong 3772$$

REIVINDICACIONES

- 5 **1.-** Sistema de montaje y medición de circuitos electrónicos sobre una plataforma conectada a un ordenador y alimentada por un alimentador conectado a la red eléctrica, dicho sistema está caracterizado por que dicha plataforma comprende:
 - un módulo de alimentación, con dos fuentes conmutadas y una pluralidad de reguladores lineales, conectado al alimentador;
 - 10 - un microcontrolador, con unos canales de entrada analógicos y un canal de salida analógico, con conexión al ordenador y al módulo de alimentación;
 - una memoria conectada al microcontrolador;
 - un módulo de usuario con conexiones a una placa de inserción, a los canales de entrada analógicos del microcontrolador, al canal de salida analógico del microcontrolador y al módulo de alimentación;
 - 15 - un módulo de generación de señal conectado al módulo de usuario y conectado también a la placa de inserción;
 - un módulo de captura de señal conectado al módulo de usuario y conectado también a la placa de inserción.
- 20 **2.-** El sistema de la reivindicación anterior donde el módulo de generación señal comprende un amplificador operacional, un amplificador de ganancia variable, una etapa de potencia de clase AB y un elemento de protección frente a cortocircuitos que implementan un generador de funciones periódicas.
- 25 **3.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de captura de señal comprende un buffer, un amplificador de ganancia variable y un amplificador operacional que implementan un osciloscopio.
- 4.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la memoria conectada al microcontrolador es una memoria de tipo EEPROM.
- 30 **5.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la conexión del microcontrolador con el ordenador es de tipo USB o de tipo miniUSB.
- 6.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde una de las dos fuentes conmutadas del módulo de alimentación es un conversor de descenso de tensión y la otra es un conversor inversor.
- 35 **7.-** El sistema de la reivindicación 6 donde el módulo de alimentación comprende además una pluralidad de tomas de tensión de valores +15V, -15V, +5V, -5V y 12V.
- 8.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de usuario además comprende un interruptor que habilita o deshabilita el circuito electrónico montado sobre la placa de inserción.
- 40 **9.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de usuario además comprende un potenciómetro multivuelta.
- 45 **10.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de usuario además comprende un pulsador.
- 11.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende una pluralidad de diodos LED, conectados al microcontrolador, indicadores de distintos estados del sistema.
- 50 **12.-** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la placa de inserción comprende además un circuito electrónico montado por un usuario.

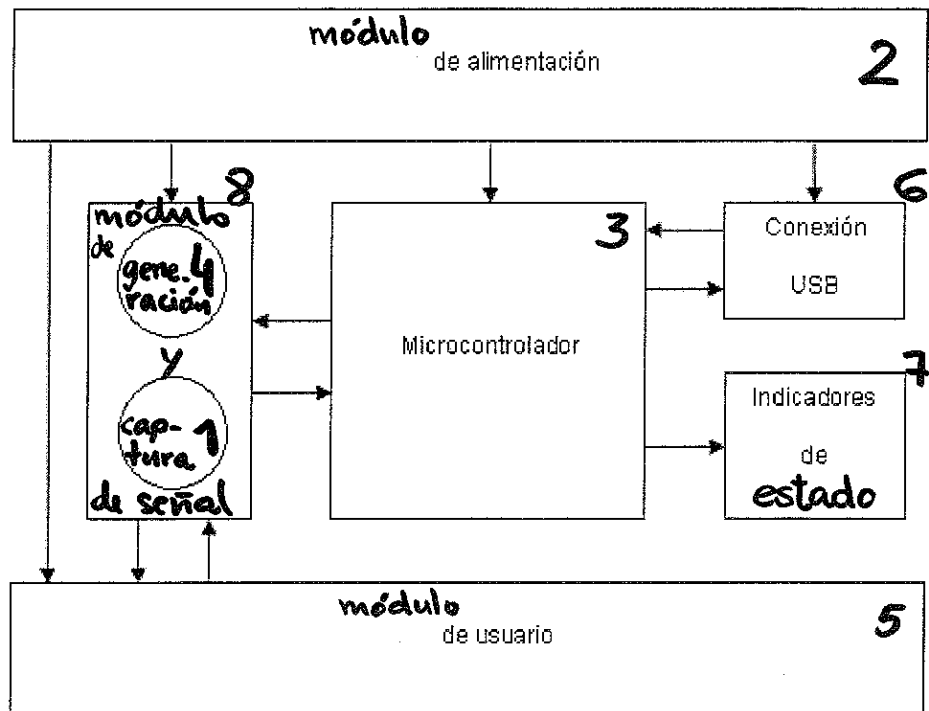


Figura 1

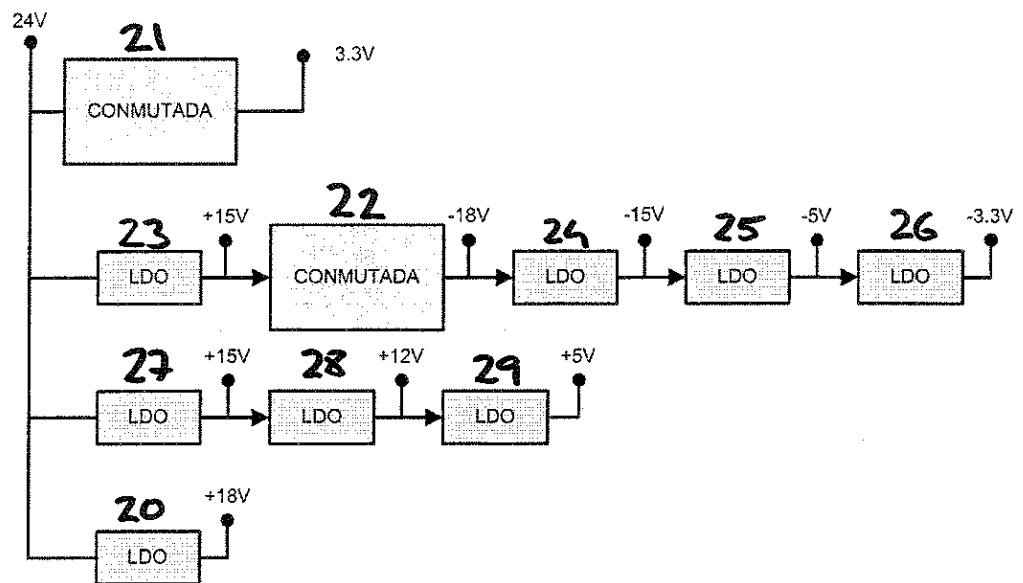


Figura 2

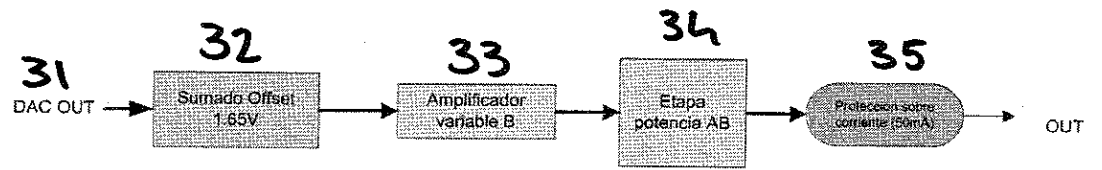


Figura 3

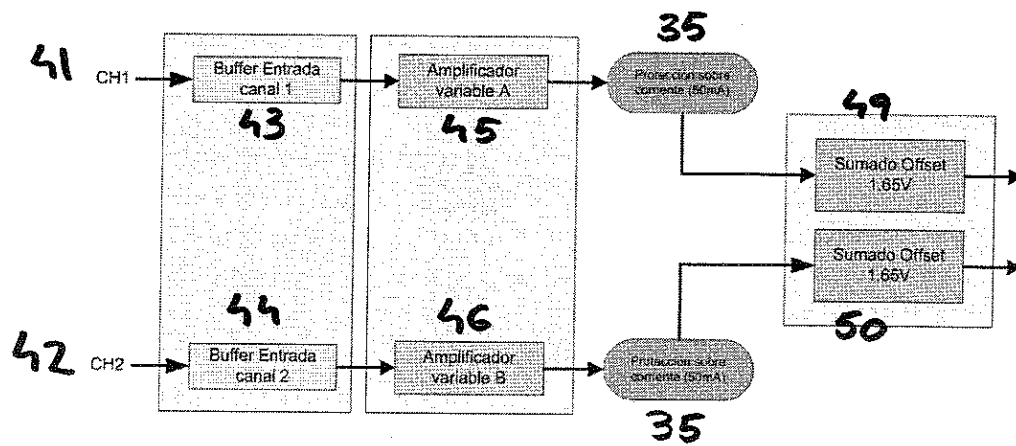


Figura 4

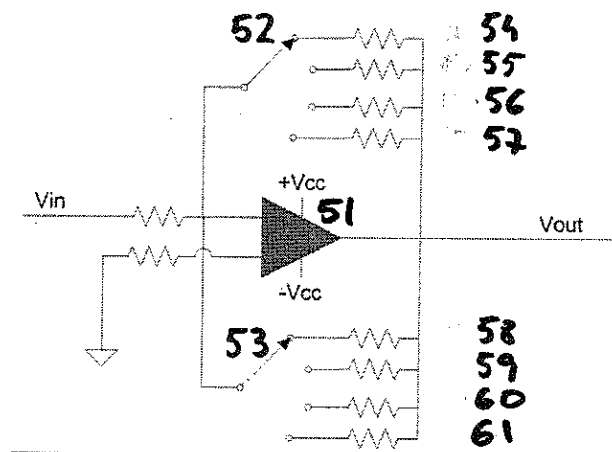


Figura 5