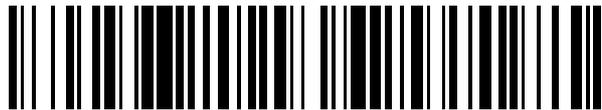


19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 734**

21 Número de solicitud: 201600861

51 Int. Cl.:

G09B 23/18 (2006.01)

G09B 19/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

08.10.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.07.2017

Fecha de concesión:

02.01.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

09.01.2018

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)

**Av. de Cervantes, 2
29071 Málaga (Málaga) ES**

72 Inventor/es:

**FERNÁNDEZ MADRIGAL , Juan Antonio ;
GÓNGORA GONZÁLEZ , Andrés ;
CRUZ MARTÍN , Ana María ;
ARÉVALO ESPEJO , Vicente Manuel ;
GALINDO ANDRADES, Cipriano ;
GONZÁLEZ MONROY , Javier y
SÁNCHEZ GARRIDO , Carlos**

54 Título: **Dispositivo electrónico educativo de funcionalidad múltiple para diversas ramas de la ingeniería**

57 Resumen:

Dispositivo electrónico educativo de funcionalidad múltiple para diversas ramas de la ingeniería. La invención se refiere a un dispositivo que, con una serie de requisitos a nivel de microcontrolador y alimentación, comprende los siguientes subsistemas: subsistema de indicadores digitales (dota al microcontrolador de indicadores luminosos), subsistema de conversión analógica-digital (transforma a un valor de voltaje analógico en el rango 0 - 5v el valor digital de 8 bits procedente del microcontrolador), subsistema RC+RLC (altamente configurable, consiste en dos mallas de circuito eléctrico que incluyen resistencias, condensadores e inductancias), subsistema de interfaz externa (permite utilizar dispositivos externos), subsistema servo (permite controlar servomotores de radiocontrol externos), subsistema potenciómetro (consiste en un potenciómetro lineal), subsistema de pulsadores (para introducir datos o información digital), subsistema SRAM (amplía la capacidad de almacenamiento del microcontrolador en memoria RAM estática) y subsistema misceláneo (con componentes que dan soporte a los demás subsistemas).



Fig. 1

ES 2 622 734 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo electrónico educativo de funcionalidad múltiple para diversas ramas de la ingeniería

5

Sector de la técnica

La presente invención se encuadra en el sector de los dispositivos electrónicos de entrenamiento o de aprendizaje, particularmente aquéllos que permiten a un usuario realizar prácticas de laboratorio sobre conceptos de nivel de FP, grado o máster en diversas ramas de ingeniería.

10

Estado de la técnica

Los circuitos electrónicos existentes para el entrenamiento en diversas metodologías y conceptos relacionados con la ciencia y la ingeniería son abundantes, aunque no hemos encontrado ninguno que aporte las novedades de la presente invención ni el mismo número de funcionalidades, mucho menos considerando el relativamente bajo número de requisitos que se establecen para la implementación de la misma.

15

Para estructurar esta sección se han distinguido las siguientes categorías de dispositivos relacionados:

20

A- Placas electrónicas donde puede insertarse un microcontrolador y que proveen una serie de circuitería para entrenarse en el uso de ese microcontrolador. Son de tamaño mucho mayor que el microcontrolador, normalmente de alto coste y pueden ofrecer un número elevado de posibilidades de entrenamiento. Ejemplos: [23], [24], [25], [26]. Sin embargo, ninguna dispone del subsistema RC+RLC que se propone en esta invención, ni de otros subsistemas de la misma, como el caso de la RAM estática o las conexiones con dispositivos externos de $\pm 10\text{v}$.

25

30

B- Placas electrónicas que extienden aquéllas basadas en microcontrolador (por ejemplo, Arduino/Genuino [1] o PICduino [20]), llamadas comúnmente *shields*. Son de pequeño tamaño (aproximadamente igual que el de la placa que contiene al microcontrolador), de bajo coste y de posibilidades bastante limitadas de entrenamiento, mucho más que las de la

categoría **A** y de las que provee la presente invención. Ejemplos: [27], [28], [29].

5 **C-** Placas de entrenamiento para microprocesadores (mucho más potentes que los microcontroladores), como la Raspberry Pi [21]. Suelen tener también una funcionalidad muy limitada, incluso más que las de la categoría **A**. Por ejemplo: [30], [31], [32].

10 **D-** Kits de aprendizaje de electrónica, no asociados a ninguna CPU (microcontrolador o microprocesador), que permiten montar circuitos de diversa naturaleza. Por ejemplo: [33], [34], [35].

15 Las categorías **C** y **D**, aunque relacionadas con esta invención, suponen diferencias tan importantes que se consideran no comparables con la misma: las placas de entrenamiento de microprocesadores (**C**) requieren una circuitería auxiliar muy importante para acompañar a éstos, cosa no necesaria en los microcontroladores (la cual incrementa el coste, el tamaño y el consumo); además, al ser los microprocesadores dispositivos electrónicos orientados a la ejecución de programas de ordenador de alto nivel (sistemas operativos de cierta complejidad y aplicaciones de usuario), se alejan bastante de lo necesario para el aprendizaje de conceptos y metodologías relacionados con la ingeniería como los que se pretenden aquí. Por otra parte, los kits de aprendizaje de electrónica (**D**) sólo permiten el entrenamiento con conceptos muy básicos, en algunos casos de otras ramas de la Física como la Mecánica, y nunca de manera programable, lo que las hace poco útiles en los niveles de grado, máster o FP cuando se requiere alcanzar cierta complejidad y flexibilidad en el aprendizaje y no quedarse solamente en la descripción de los conceptos físicos (por ejemplo, ser capaz de controlar los sistemas implicados).

25 Respecto a la categoría **A** antes descrita, la presente invención proporciona funcionalidades que no están presentes en esas soluciones, puede fabricarse a mucho menor tamaño y precio pero sin tener por ello menores prestaciones y no requiere incluir un sistema de adaptación de alimentación. Entre las funcionalidades de la presente invención que no se encuentran en las soluciones de esta categoría están: una circuitería RC+RLC configurada de forma muy precisa para hacer ejercicios de Control Automático, Modelado de Sistemas y Adquisición de Datos sin tener que añadir ningún dispositivo externo a la invención; una memoria RAM suficiente para la adquisición de datos de ése y otros subsistemas (que puede ser sensiblemente más amplia que la que suelen traer los microcontroladores integrada); conexiones para poder controlar y adquirir datos de dispositivos externos que funcionen en el rango de $\pm 10\text{v}$ (por ejemplo, motores de

corriente continua), etc. Además, la presente invención refleja directamente los nombres de los pines del microcontrolador en su propio etiquetado, por lo que resulta muy adecuada para el aprendizaje del mismo (no lo oculta, cosa que sucede en otras soluciones de esta categoría).

Respecto a la categoría **B**, la presente invención no aporta novedades en precio o tamaño, pero sí, claramente, en algunas de sus funcionalidades, que, como en el caso de la categoría **A**, no se encuentran en soluciones existentes, y también en el propio número de funcionalidades provistas a un coste y tamaño similares o menores respecto de otros *shields*: control de dispositivos externos de $\pm 10\text{v}$, sistemas integrados en el mismo *shield* para hacer experimentos (circuitería RC+RLC, potenciómetros, LEDs, pulsadores, memoria RAM estática para la adquisición de datos, conversor digital-analógico, comunicaciones serie (SPI), conectores para servos y medidor del consumo de los mismos), etc. La presente invención, de ser fabricada como *shield*, puede cubrir así en un solo dispositivo ejercicios de aprendizaje en una diversidad de ramas de la ingeniería (Sistemas de Tiempo Real, Sistemas Electrónicos, Sistemas de Control, Sistemas de Adquisición de Datos, Robótica, etc.), lo que está mucho más allá de las posibilidades de las soluciones existentes en esta categoría.

Hay que señalar, por último, que el número de dispositivos relacionados que han sido patentados en este área de la técnica no son tan numerosos como los comercializados, debido, entre otras cosas, al auge del movimiento *open-hardware* u *open-source hardware* (el usuario puede fabricarse sus propios dispositivos porque los esquemáticos están disponibles gratuita y públicamente [43]), el cual está siendo tremendamente importante en la última década. Las patentes que se han identificado relacionadas con la presente invención pertenecen mayoritariamente a la categoría **D** (US4812125A [36], US4213253A [37], US4464120A [38], US5868575A [39], US4315320A [40], US3996457A [41], WO2015112103A1 [42]). Existe alguna de la categoría **A** (CN104424836A [22]), y otras difíciles de clasificar, como CN201765731U [44] y CN103646585A [45], que podrían considerarse en la categoría **B** porque incluyen placas de expansión de una placa con microcontrolador, pero también en la categoría **A** puesto que también patentan la propia placa del microcontrolador (en cualquier caso, estas dos patentes en particular consiguen una funcionalidad comparable a la presente invención —sin incluir, en cualquier caso, subsistemas como el SRAM, el RC+RLC o la conexión con dispositivos externos a $\pm 10\text{v}$ — sólo cuando se añaden múltiples extensiones al microcontrolador, no sólo una, y, por tanto, a menor ratio funcionalidad/(coste, tamaño, etc.) que la presente invención).

Descripción breve de la invención

La presente invención comprende una placa de circuito impreso con un gran número de funcionalidades educativas que puede ser fabricada con pequeño tamaño y a bajo coste. La placa incluye una serie de componentes electrónicos de forma que, una vez conectada a un microcontrolador que debe cumplir unos requisitos mínimos, especificados más adelante, y a una fuente de alimentación suficiente para su consumo total, permite la realización de una gran diversidad de ejercicios prácticos para asignaturas de ingeniería, muy superior a la encontrada en dispositivos existentes de requisitos, coste y tamaño similares.

La invención incluye: un etiquetado que favorece el aprendizaje de la programación directa del microcontrolador en cuestión al replicar explícitamente los nombres de las señales de éste en la propia placa (algo que no todas las placas existentes hacen); 8 salidas digitales en el rango 0/5v; 2 entradas digitales en el rango 0/5v con capacidad de recibir datos digitales o bien señales externas independientes de interrupción; 1 entrada y 1 salida analógicas en el rango de $\pm 10v$; memoria RAM estática de cualquier tamaño de almacenamiento siempre que tenga conexión por bus serie de tres líneas digitales (SPI), sea compatible con el tamaño de fabricación y tenga un consumo esperado de corriente compatible con la alimentación de la placa; 8 LEDs (diodos luminosos); 1 potenciómetro manual lineal; 1 conector para servomotores de radio control comandados por ondas PWM de 5v en dos formatos distintos, con el fin de abarcar la práctica totalidad de los comercializados; un sistema de medida del consumo de corriente del servo; 3 pulsadores manuales; y, finalmente, 1 subcircuito lineal, llamado subsistema RC+RLC en esta invención, construido en base a resistencias, condensadores e inductancias, de dos mallas y altamente configurable.

Descripción detallada de la invención

La presente invención comprende una placa de circuito impreso junto con unos componentes electrónicos que permiten en su conjunto la realización de una diversidad de experiencias de aprendizaje en asignaturas de diversas ingenierías a nivel de FP, grado o máster. Los valores de los componentes electrónicos se han seleccionado para maximizar la funcionalidad de la invención. Su principal característica y novedad, por tanto, consiste en su alto ratio funcionalidad/coste (y también funcionalidad/tamaño de fabricación), de forma que a un coste de producción y tamaño reducidos puede ofrecer una funcionalidad mucho más amplia que otras soluciones actualmente existentes, y en algunos de sus subsistemas, novedosa. Ese fin se ha alcanzado mediante las siguientes estrategias:

- El usuario puede reconfigurar de forma sencilla algunas partes del circuito según las necesidades de aprendizaje.
- La invención reutiliza los mismos subsistemas a la hora de proveer distintas funcionalidades.
- Se puede fabricar como una extensión de placas existentes que provean el microcontrolador y la alimentación necesarias, así como posibles comunicaciones con un ordenador personal (PC).
- El uso concreto dado a los pines del microcontrolador que la invención utiliza está orientado específicamente a maximizar las funcionalidades que pueden ofrecerse al usuario.

Los requisitos para utilizar esta invención no son numerosos ni demasiado exigentes; son los siguientes (véase en la figura 1 un despliegue general de la misma):

- Disponer de una placa que contenga un microcontrolador que funcione a una tensión de 5v en sus pines y que permita que esos pines se puedan conectar a la invención a través de conectores apropiados. En particular, ese microcontrolador necesita disponer de las siguientes funcionalidades básicas, todas de manera independiente (con objeto de simplificar las explicaciones que siguen, toda referencia a entradas analógicas, salidas digitales, pines de entrada y pines de salida se realizará siguiendo la nomenclatura correspondiente al microcontrolador concreto que se presenta en la sección de modo de realización preferida de la invención, sin que de ello deba deducirse limitación alguna ya que se pretende ejemplificar de forma genérica y válida para cualquier microcontrolador que cumpla los requisitos aquí indicados):
 - 3 entradas de voltaje analógico en el rango 0/5v dotadas del conversor o los conversores necesarios de analógico a digital, capaces de proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz (por tanto, un reloj para el microcontrolador que permita esas frecuencias; nótese que una frecuencia de 9 kilo-muestras por segundo es muy baja y puede ser conseguida fácilmente por muchos microcontroladores dotados de conversión analógica-digital). Pueden compartir conversor entre las tres entradas analógicas, y en ese caso sólo se requiere la frecuencia de conversión indicada cuando se usara cada una de ellas

individualmente. En el resto de esta sección estas entradas analógicas se denominan, a efectos de la presente descripción, *AD1*, *AD2* y *AD5*.

- 5
 - 1 salida digital capaz de generar ondas PWM compatibles con servomotores estándar, es decir, que estén dentro del rango de 30 a 60Hz de frecuencia y de 400 a 3000 microsegundos de ancho de pulso, ya sea por hardware al estar conectada a temporizadores internos del microcontrolador o por software. En el resto de esta sección esta salida se denomina, a efectos de la presente descripción, *PD6*.
- 10
 - Un módulo interno de control de comunicaciones SPI [19] que le permita al microcontrolador ser servidor de dicho bus y que disponga de 3 pines: *PB5* (SPI-SCK) *PB3* (SPI-MOSI) y *PB4* (SPI-MISO). Además, estos pines deberán poder usarse como entradas o salidas digitales independientes entre sí en caso de que no se active el módulo SPI del microcontrolador.
 - 2 pines de entrada de interrupciones externas al microcontrolador, independientes, configurables para disparar las interrupciones correspondientes por flanco de subida o de bajada, y con capacidad de ser utilizados como pines de entrada o salida digitales independientes si su funcionalidad como entrada de interrupciones no es necesaria. Estos pines se denominan, a efectos de la presente descripción, *PD2* y *PD3*.
 - 8 pines de salida digital independientes por los que pueda enviarse un número de 8 bits sin signo. Se denominan, a efectos de la presente descripción, *PB2* (bit 0), *PB1* (bit 1), *PB0* (bit 2), *PD7* (bit 3), *PD5* (bit 4), *PD4* (bit 5), *PC4* (bit 6) y *PC3* (bit 7).
 - 1 pin de salida digital que se denomina, a efectos de la presente descripción, *PC0*.
 - 1 pin de entrada digital que produzca un reinicio en el microcontrolador cuando se ponga a un estado (voltaje digital) determinado. Se denomina, a efectos de la presente descripción, *RESET*.
- 25
 - Disponer de una alimentación para la placa del microcontrolador mencionada en el anterior punto que pueda proporcionar al menos 500 miliamperios a una tensión de 5v, que esté regulada, y que sea accesible para la invención a través de conectores apropiados. Si se dispone de una fuente que proporcione hasta 1 amperio, el funcionamiento del servomotor será mejor en términos de torque, pero con 500 miliamperios también será correcto y suficiente para la realización de prácticas educativas.
 - Disponer del hardware y software suficientes para poder programar el microcontrolador residente en la placa mencionada en el primer punto desde un ordenador personal (PC).
 - Si la invención se va a utilizar para prácticas de aprendizaje con dispositivos externos

(motores, sensores, etc.; ver el apartado del subsistema de interfaz externa), disponer de los mismos. Aun sin ellos, la invención proporciona una cantidad importante de funcionalidades que pueden ser utilizadas.

- Si la invención se va a utilizar con dispositivos externos que requieran alimentación separada de la del microcontrolador, disponer de la misma.

El contexto de utilización así descrito es suficientemente general como para que coincida con una gran diversidad de placas existentes que contienen microcontroladores (típicamente de 8 ó 16 bits, pero no sólo), y se puede encontrar en numerosos laboratorios de universidades o institutos de formación profesional, e igualmente con la mayoría de los hogares, especialmente si sólo se utilizan las funcionalidades incluidas en la propia invención, sin dispositivos externos añadidos.

La presente invención se caracteriza por proveer al estudiante o alumno de una variedad de posibilidades de aprendizaje muy alta en lo relativo a los estudios de ingeniería: Control Automático de Sistemas [3], Adquisición de Datos [4], Automatización [5], programación de Sistemas Empotrados y de Tiempo Real [6], [7], Robótica [8], etc. Todas esas posibilidades tienen en común que el usuario debe programar el microcontrolador mencionado en los requisitos anteriores a través de algún entorno de desarrollo existente (por ejemplo, para la realización preferida que se presenta en el presente documento, el Atmel Studio [9], que es gratuito, o el provisto por Arduino [10], que también lo es), con el fin de conseguir sus objetivos por medio de la configuración y posterior control de las distintas partes de la circuitería que aquí se propone. Las funcionalidades que esta invención proporciona no están disponibles en microcontroladores comerciales por sí solos, ni, en su totalidad, en las placas que suelen comercializarse para conectarlos con el fin de utilizarlos como plataformas de aprendizaje.

Más concretamente, la invención aquí presentada comprende 9 subsistemas que pueden utilizarse tanto en solitario como en diversas combinaciones, lo que da lugar al elevado número de posibilidades de ejercicios prácticos que permite.

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques general de la invención. En lo que queda de esta sección se describen con detalle todos los subsistemas, así como sus requisitos particulares, sus respectivas funcionalidades y sus posibles combinaciones.

Subsistema de indicadores digitales

En la figura 3 se muestra este subsistema. Éste dota al microcontrolador de indicadores luminosos, útiles para depuración, visualización de datos y otros propósitos. En particular, permite la programación desde el microcontrolador de 8 señales luminosas binarias (ON/OFF) independientes en lógica positiva.

5 Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención (tomados de los requisitos enumerados al principio de esta sección para la invención completa; para simplificar no se indican los referidos a la alimentación o a la propia presencia del microcontrolador):

- 8 pines de salida digital independientes, denominados, a efectos de la presente descripción, 10 *PB2* (bit 0), *PB1* (bit 1), *PB0* (bit 2), *PD7* (bit 3), *PD5* (bit 4), *PD4* (bit 5), *PC4* (bit 6) y *PC3* (bit 7).

La utilidad de este subsistema es diversa:

- Aprendizaje de la programación de puertos digitales de salida de un microcontrolador, por 15 ejemplo en asignaturas relativas a los Sistemas Empotrados o de Tiempo Real.
- Indicadores de traza y visualización de datos para la depuración de programas. Esto es útil en cualquier práctica que pueda realizarse con la invención.
- Aprendizaje de programación de sistemas empotrados: si la realización de la invención 20 utiliza para los pines denominados, a efectos de la presente descripción *PB2*, *PB1*, *PB0*, *PD7*, *PD5*, *PD4*, *PC4* y *PC3* más de un puerto del microcontrolador, el programador deberá configurar los indicadores al valor deseado sin modificar los demás, lo que requiere operaciones de manipulación de bits de relativa complejidad.

Las señales digitales que recibe este subsistema, provenientes del microcontrolador, son las 25 mismas que recibe el subsistema DAC explicado posteriormente, por lo que ahorramos así 8 bits digitales adicionales en la invención, reduciendo su coste y tamaño. Éste es uno de los ejemplos de reutilización de subsistemas y elementos en la presente invención.

Las señales digitales estarán protegidas convenientemente con resistencias para que el 30 consumo total de corriente en caso de que se enciendan todos los indicadores simultáneamente sea asumible por la fuente de alimentación. Para ello se consideran LEDs de bajo consumo y alta luminosidad.

Subsistema de conversión analógica-digital (DAC)

Muchos microcontroladores no disponen de salidas analógicas, por lo que es difícil controlar dispositivos electrónicos de forma directa. La presente invención incluye un subsistema DAC (véase figura 4) encargado de transformar a un valor de voltaje analógico de entre 0v y 5v, de forma lineal, el valor digital de 8 bits existente en los mismos pines del microcontrolador que actúan como entradas del subsistema de indicadores digitales (es decir, *PB2*, *PB1*, *PB0*, *PD7*, *PD5*, *PD4*, *PC4* y *PC3*). Se obtiene así una resolución de $5/256 = 20\text{mV}$ aproximadamente en esta salida analógica.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- 8 pines de salida digital independientes, denominados, a efectos de la presente descripción, *PB2* (bit 0), *PB1* (bit 1), *PB0* (bit 2), *PD7* (bit 3), *PD5* (bit 4), *PD4* (bit 5), *PC4* (bit 6) y *PC3* (bit 7).
- 1 pin de salida digital denominado, a efectos de la presente descripción, *PC0*.
- El subsistema misceláneo, explicado más adelante, que proporciona una alimentación específica de +15v.

La invención permitirá congelar el voltaje de la salida analógica durante un tiempo determinado mediante la señal digital de salida denominada, a efectos de la presente descripción, *PC0* del microcontrolador (en otro caso la conversión estará realizándose de forma continua en el tiempo). Esto permite evitar cambios indeseables y bruscos en la salida analógica mientras algunos de los bits de entrada digital del subsistema aún no han tenido tiempo de ser actualizados.

La utilidad principal de este subsistema DAC es la ya comentada de controlar sistemas externos, por ejemplo motores de corriente continua (convenientemente alimentados por separado) o LEDs (variando su luminosidad), lo que encaja perfectamente en asignaturas relativas a la Automatización, la Robótica, el Control Automático o los Sistemas Empotrados, pero, además, la salida está también conectada al subsistema eléctrico RC+RLC, descrito a continuación (el subsistema DAC es necesario para el RC+RLC), lo que permite controlar un dispositivo de cierta complejidad. Esta combinación de subsistemas (DAC y RC+RLC) permite la realización de prácticas de Control Automático sin añadir ningún dispositivo más al microcontrolador (típicamente motores de corriente continua, aparatosos, caros y que necesitan fuentes adicionales de energía), como se describirá en el siguiente apartado, reduciendo así

enormemente el coste de equipamiento necesario en laboratorios docentes.

Subsistema RC+RLC

En la figura 5 se muestra el diagrama de bloques de este subsistema, quizás el más complejo, 5
novedoso y con más posibilidades de realización de prácticas de aprendizaje de toda la invención.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- La salida analógica dada por el subsistema DAC, descrito anteriormente.
- 10 • Opcionalmente, el subsistema SRAM (ver más adelante).
- 1 de entrada de voltaje analógico, denominada, a efectos de la presente descripción, AD2, en el rango 0/5v, dotada del conversor necesario de analógico a digital capaz de proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz (por tanto, un reloj para el microcontrolador que permita esas 15
frecuencias).

Este subsistema consiste en dos mallas de circuito eléctrico con elementos lineales [13]: la malla RC consta de una resistencia y un condensador en serie, por lo que si se considera como entrada el voltaje en la resistencia y como salida el voltaje en el condensador se obtiene el 20
comportamiento de un sistema lineal de primer orden; la malla RLC consta de una resistencia, una inductancia y un condensador en serie, por lo que si se considera como entrada el voltaje en esa resistencia y como salida el del condensador se obtiene el comportamiento de un sistema lineal de segundo orden. Dentro del ámbito de los circuitos eléctricos, estas dos mallas son la forma más simple de obtener sistemas de primer y segundo orden.

25 Cada una de estas mallas individualmente tiene una gran utilidad a la hora de realizar prácticas sobre modelado de sistemas LTI (lineales e invariantes en el tiempo). Para este cometido se debe combinar este subsistema con la salida analógica del subsistema DAC, que se puede conectar fácilmente (mediante un interruptor o selector) a la malla que se desee según las necesidades educativas, y se debe muestrear el voltaje de salida de esa malla, guardando los 30
valores en la memoria RAM estática de la invención (subsistema descrito más adelante). Una de las novedades de este subsistema en el ámbito de los dispositivos educativos reside en que los valores concretos para los componentes eléctricos de ambas mallas, especialmente los de la

inductancia de la segunda, han sido calculados para que el muestreo de la salida de cualquiera de ellas pueda realizarse de forma adecuada con un microcontrolador que tenga una frecuencia mínima de conversión de analógico a digital de 9KHz (muy lenta), como se explicaba en los requisitos de la invención al principio de esta sección, es decir, con un número de muestras por

5 unidad de tiempo suficientemente grande como para poder apreciar las características principales del comportamiento de la malla y que no se produzca *aliasing* [14]. Debido a que los circuitos eléctricos suelen tener respuestas temporales muy rápidas, no existen demasiadas posibilidades de valores para los componentes eléctricos de las mallas que permitan conseguir respuestas tan lentas. Los siguientes han sido los componentes escogidos para la primera malla: R = 100

10 ohmios, C entre 2 μ F y 21.7 μ F (seleccionable según se explica a continuación); para la segunda malla: R entre 0 y 500 ohmios (variable linealmente), L = 47mH y C = 1 μ F.

Además del modelado y descripción temporal de sistemas de primer y segundo orden, ambas mallas permiten la realización de prácticas de Control Automático, es decir, el usuario puede variar la señal analógica que produce el DAC en función de la salida de la malla, regulando así

15 su comportamiento, lo cual constituye otra novedad aportada por este subsistema en el ámbito de los dispositivos educativos. Para este cometido es importante constatar que la salida del DAC estará entre 0 y 5v, y que ambas mallas tienen ganancia unitaria, por lo que sus salidas podrían ser mayores de 5v aunque el DAC sólo llegue a 5v. Por tanto, debe considerarse que esas salidas pueden saturarse en 5v (para no saturarlas, basta con hacer que el DAC produzca menos de 5v).

20 La malla RC, como se ha indicado antes, debe configurarse manualmente mediante un par de interruptores. Éstos sirven para seleccionar un valor del condensador de un conjunto de 4 valores distintos: 2 μ F, 6.7 μ F, 17 μ F o 21.7 μ F, por lo que se pueden establecerse constantes de tiempo distintas para el sistema y variar así su comportamiento, dentro de lo que el microcontrolador será capaz de muestrear, obteniendo diversas respuestas de primer orden.

25 La malla RLC también debe configurarse, con el mismo objetivo: su resistencia es variable (es un potenciómetro) para que el usuario puede cambiar su comportamiento cómodamente.

Además de funcionar por separado, de modo que el usuario puede escoger qué malla utilizar (pero sólo una a la vez), ambas mallas pueden interconectarse, si se desea no utilizarlas de forma individual, de forma que constituyan un sistema eléctrico de tercer orden, lo que constituye la

30 tercera novedad importante aportada por este subsistema en el ámbito de los dispositivos educativos. Así, la primera malla se convertiría en una etapa anterior a la segunda. Esto se realiza mediante los selectores 1 y 2 (véase de nuevo la figura 5). En su formato de sistema de tercer orden, poder cambiar el valor del condensador de la primera malla (RC) es muy importante para

la realización de prácticas educativas, ya que permite variar el comportamiento de la salida del sistema, desde que se parezca mucho a un segundo orden (valores pequeños del condensador) hasta que aparezca el comportamiento propio del tercer orden (valores mayores del condensador). Esto permite la realización de prácticas de aproximación de sistemas mediante la
5 identificación de polos dominantes [3].

Por último, hay que señalar que la primera malla tendrá a su entrada un *buffer* que recibirá la señal de salida del DAC y la replicará sin cambios. Este *buffer* es necesario para proporcionar la potencia necesaria por ambas mallas (en caso de que se conecten en serie para formar el tercer orden) o por cualquiera de ellas por separado; en particular, dará un mínimo de 100 mA.

10 Asimismo, la salida final, que puede ser muestreada por el microcontrolador, debe seleccionarse para que sea la de la primera malla, la de la segunda o bien la del propio *buffer* sin pasar por ninguna malla, de nuevo mediante los selectores 1 y 2. La opción de que sea la del propio *buffer* permite calibrar la invención, en particular a qué voltajes analógicos corresponde el valor digital enviado al DAC y a qué valores digitales corresponde el valor analógico recibido
15 por desde el *buffer*. Además, estará protegida por dos diodos de corte para que los voltajes por encima de 5v o por debajo de 0v no lleguen a la entrada analógica del microcontrolador.

En resumen, este subsistema, gracias a su gran flexibilidad, a la elección cuidadosa de los componentes electrónicos y de los pines del microcontrolador involucrados, y a su combinación con otros subsistemas de la misma invención (el subsistema DAC de forma obligatoria, el
20 subsistema RAM de forma opcional), proporciona la posibilidad de realizar un numeroso y novedoso conjunto de prácticas de aprendizaje en ingeniería, con sólo dos selectores y una resistencia variable como mecanismos de configuración como mecanismo mínimo de configuración, y a un coste excepcionalmente reducido:

- Modelado, identificación y estudio de la respuesta temporal de sistemas LTI de primer
25 orden, segundo orden y orden superior en asignaturas relativas al Control Automático y la Ingeniería de Sistemas, con una diversidad de comportamientos seleccionables manualmente.
- Adquisición de datos y muestreo de la salida de sistemas LTI eléctricos por medio de microcontrolador, para asignaturas relativas al Control Automático, la Adquisición de
30 Datos y los Sistemas de Tiempo Real.
- Estudio de la estabilidad y error en estado estacionario de sistemas LTI, así como de su comportamiento transitorio mediante lugar de las raíces, para asignaturas relativas al Control Automático.

- Implementación de distintos tipos de leyes de control lineal y no lineal para sistemas LTI, en asignaturas relativas al Control Automático, a los Sistemas de Tiempo Real y a los Sistemas Empotrados.

5 No se encuentra actualmente en el mercado circuitería de extensión de microcontroladores con estas prestaciones en cuanto al aprendizaje y con este coste (y tamaño) de fabricación.

Subsistema de interfaz externa

10 Este subsistema se muestra como diagrama de bloques en la figura 6. Es la parte de la invención que permite utilizar dispositivos externos adicionales cuando se desee (lo cual no tiene por qué ser necesario, como se ha descrito ya) para la realización de un número en principio ilimitado de nuevas prácticas. Esta funcionalidad tampoco suele estar presente en dispositivos educativos existentes (y, en caso de encontrarse, no va acompañada del resto de funcionalidades de la presente invención). Para ello se ha diseñado una interfaz eléctrica de entrada y otra de salida que funcionan en el rango de voltajes de $\pm 10\text{v}$. Hay una gran diversidad de dispositivos 15 externos que funcionan analógicamente en ese rango (o en rangos contenidos en éste): motores, sensores, indicadores y otra circuitería electrónica. Este subsistema permite generar una señal analógica de $\pm 10\text{v}$ hacia esos dispositivos y, simultáneamente, recibir otra señal en el mismo rango de voltaje desde los mismos, por lo que es posible cerrar un bucle de control que haya sido 20 implementado en el microcontrolador. Hay que tener en cuenta que ambas señales no proporcionan potencia, por lo que el dispositivo externo conectado a la invención debe ser alimentado aparte.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- La salida analógica dada por el subsistema DAC, descrito anteriormente.
- El subsistema misceláneo, descrito más adelante.
- Opcionalmente, el subsistema SRAM.
- 1 de entrada de voltaje analógico, denominada, a efectos de la presente descripción, *ADI*, en el rango 0/5v dotada del conversor necesario de analógico a digital capaz de 30 proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz (por tanto, un reloj para el microcontrolador que permita esas frecuencias).

La señal de salida generada se produce a partir de la salida analógica del subsistema DAC, el cual es necesario siempre que se utilice este subsistema de interfaz externa (otro ejemplo de reutilización de subsistemas para diversos propósitos en la presente invención). La salida del subsistema DAC se hace pasar por un primer *buffer* para desacoplar el DAC del subsistema de interfaz, y luego por un amplificador operacional que la escala y desplaza para obtener el rango deseado de $\pm 10\text{v}$ (para ello se tendrá disponible un voltaje de referencia en la misma invención). Por otra parte, la señal de $\pm 10\text{v}$ proveniente de los dispositivos externos se pasa por dos amplificadores operacionales que la escalan y desplazan hasta el rango de 0v a 5v , el cual entra en el pin analógico denominado, a efectos de la presente descripción, *ADI* del microcontrolador, que la invención tendrá convenientemente protegido (también aquí hace falta un voltaje de referencia).

Para reducir el coste de la invención, ambos caminos, entrada y salida, pueden reutilizar un mismo voltaje de referencia de 1.25v para sus cálculos de escalado y desplazamiento; en ese caso la salida del DAC, aunque puede estar entre 0v y 5v , debería limitarse por parte del usuario al rango de 0v a 2.5v (pasando de 256 a 128 posibles voltajes analógicos), ya que voltajes superiores saturarán la señal producida hacia el exterior a $+10\text{v}$. Si se implementara la invención con dos voltajes de referencia distintos, esto no sucedería.

Hay que hacer notar que la señal de entrada recibida por la parte del subsistema encargada de trasladar de $\pm 10\text{v}$ a 0v - 5v (camino de entrada) comparte el pin denominado, a efectos de la presente descripción, *ADI* con otra señal producida por el subsistema servo, descrito a continuación; para seleccionar cuál de ellas quiere leer, el usuario dispone de un interruptor manual. Esto se ha diseñado así porque las prácticas que pueden realizarse con el subsistema de interfaz externa no necesitan el subsistema servo (ambos no tienen mucho sentido de forma combinada para prácticas educativas), por lo que ambas señales no van a leerse al mismo tiempo.

Finalmente, ambos caminos de conversión de voltaje necesitan una alimentación de $\pm 15\text{v}$. Ésta es producida por el subsistema misceláneo descrito más adelante, el cual, al igual que el DAC, es esencial para que este subsistema de interfaz externa funcione. Para producir este voltaje la invención utiliza únicamente la alimentación de 5v que tiene disponible según los requisitos que se explicaron al comienzo de esta sección.

En definitiva, este subsistema de interfaz externa permite trabajar, si se desea, con un número muy elevado de dispositivos adicionales a la invención, y realizar prácticas tanto de modelado e identificación de los mismos (usando opcionalmente el subsistema SRAM para la adquisición de

datos) como de control directo por medio del microcontrolador. Asimismo, permite la realización de experiencias de Adquisición de Datos, programación de Sistemas Empotrados, Sistemas de Tiempo Real, Robótica, etc.

5 *Subsistema servo*

En la figura 7 se muestra el diagrama de este subsistema, encargado de permitir el control de servomotores de radiocontrol [16] externos (no incluidos en la invención) mediante un pin de salida digital del microcontrolador, concretamente el pin denominado, a efectos de la presente descripción, *PD6*, por el que pueda generarse una señal PWM tal y como se establece en los requisitos del microcontrolador especificados al principio de esta sección.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- 1 entrada de voltaje analógico, denominada, a efectos de la presente descripción, *ADI*, en el rango 0/5v dotada del conversor necesario de analógico a digital capaz de proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz (por tanto, un reloj para el microcontrolador que permita esas frecuencias).
- 1 salida digital denominada, a efectos de la presente descripción, *PD6* capaz de generar ondas PWM compatibles con servomotores estándar, es decir, que estén dentro del rango de 30 a 60Hz de frecuencia y de 400 a 3000 microsegundos de ancho de pulso, ya sea por hardware al estar conectada a temporizadores internos del microcontrolador o por software.
- Opcionalmente, el subsistema SRAM.

La novedad que proporciona este subsistema respecto a soluciones educativas existentes es su aprovechamiento de la onda PWM para controlar una gran diversidad de componentes (normalmente sólo pueden controlarse servos de radiocontrol), así como la posibilidad de monitorizar el consumo eléctrico de los mismos; ambas se describen con más detalle a continuación.

Este subsistema recibe la señal PWM del microcontrolador y la utiliza para dos fines: en primer lugar, para hacer parpadear un LED, lo que permite realizar prácticas de programación de temporizadores e incluso utilizar ese LED como indicador de traza y depuración, añadido a los 8 LEDs del subsistema de indicadores digitales ya explicado; en segundo lugar, y principal, para enviar la PWM simultáneamente a una serie de conectores físicos donde se pueden unir diversos

tipos de servomotores. La invención proporciona tres conectores distintos para este fin, puesto que con tal número se cubren en la práctica todos los dispositivos que pueden controlarse con una PWM: uno para servomotores que utilicen conectores de formato G-V-S (tierra-alimentación-señal), otro para servomotores que utilicen el formato de conector V-G-S, y el
5 último para cargas generales que puedan recibir una señal de potencia comandada por una PWM. Los dos primeros conectores cubren la práctica totalidad de formatos de conector de servomotores de radiocontrol existentes en el mercado. El tercero permite la conexión directa de cualquier carga diferente de un servomotor (motores, bombillas, etc.) que pueda ser controlada con una señal conmutada (PWM) sobre un raíl de potencia, de hasta un máximo del amperaje
10 que pueda proporcionar la fuente de alimentación que use la invención (por ejemplo, 1A). Los servomotores de radiocontrol disponen de un sistema parecido de control de potencia en su interior, por lo que no necesitan de este conector; disponer del mismo permite realizar prácticas adicionales de Electrónica, Control Automático, etc.

Este subsistema tiene además una parte encargada de filtrar la alimentación de 5v que le envía
15 al servo; su cometido es evitar la propagación de ruidos y bajadas de tensión entre el propio servo y la invención (los servomotores, como dispositivos electromecánicos, son proclives a causar ese tipo de problemas). La invención permite que servos de tamaño convencional sean alimentados directamente desde la placa del microcontrolador. En cualquier caso, el subsistema incluye un fusible rearmable en el camino de alimentación del servo para situaciones
20 excepcionales.

Finalmente, como ya se ha comentado, este subsistema también dispone, de forma novedosa, de un sensor de consumo de corriente del servo, situado en el camino de alimentación del mismo, e implementado mediante una resistencia *shunt* de pequeño valor más un amplificador de voltaje. Este sensor proporciona un voltaje analógico de entre 0v y 5v que es proporcional a la
25 corriente que el servo está consumiendo en cada momento (considerando que la máxima sea de 1A aproximadamente), y, por tanto, proporcional también al torque que éste está ejerciendo. Los datos así adquiridos pueden almacenarse a lo largo del tiempo utilizando el subsistema SRAM. Para adquirirlos, la señal analógica de este sensor se puede conectar al pin denominado, a efectos de la presente descripción, *ADI* (analógico de entrada del microcontrolador) mencionado en los
30 requisitos de la invención al principio de esta sección, usando para ello un interruptor que selecciona o bien ésta o bien la señal de entrada del subsistema de interfaz externa. La disponibilidad de la señal de consumo de corriente del servo permite la realización de prácticas sobre Sistemas de Tiempo Real, Sistemas Empotrados, Sistemas de Control Automático,

Adquisición de Datos, Robótica (robots con patas, por ejemplo), etc.

Subsistema potenciómetro

Este subsistema tan sencillo se muestra en la figura 8: se trata de un potenciómetro lineal que permite que el usuario, manualmente, establezca el valor de una resistencia y, a través de la misma, el de un divisor de tensión, generando así una señal de voltaje analógico de entre 0v y 5v que está conectado al pin denominado, a efectos de la presente descripción, *AD5* que se establece como requisito del microcontrolador (entrada analógica). Este subsistema sólo necesita la alimentación de 5v que se conectará a la invención e incluye protecciones contra cortocircuitos. El potenciómetro en cuestión será de pequeño tamaño para no perjudicar al factor de tamaño de la invención, y de mástil corto para no sobresalir demasiado del circuito completo.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- 1 entrada de voltaje analógico, denominada, a efectos de la presente descripción, *AD5*, en el rango 0/5v dotada del conversor necesario de analógico a digital capaz de proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz (por tanto, un reloj para el microcontrolador que permita esas frecuencias).

La utilidad de este subsistema es la de realizar prácticas sencillas de adquisición de datos, de programación de sistemas empotrados, de control automático y automatización (como entrada analógica o parámetro de configuración de sistemas), etc., así como el poder implementar prácticas complejas de forma más sencilla mediante la simplificación de alguna entrada analógica, al poder ser sustituida ésta por el potenciómetro.

Subsistema de pulsadores

Este subsistema también es muy sencillo, como se observa en la figura 9. La invención incluye aquí 3 pulsadores que el usuario puede utilizar para introducir datos o información digital. Están conectados a tres entradas digitales del microcontrolador, concretamente a las que se denominan, a efectos de la presente descripción, *PB4*, *PB3* y *PD2* en la especificación de requisitos. Hay que hacer notar que los dos primeros pines se comparten con el subsistema SRAM de forma obligada; por ello están convenientemente protegidos contra cortocircuitos o interferencias no deseadas entre ambos subsistemas en la presente invención.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- 2 señales digitales de entrada denominadas, a efectos de la presente descripción, *PB3* y *PB4* independientes entre sí.
- 5 • 1 pin de entrada de interrupciones externas denominado, a efectos de la presente descripción, *PD2*.

Los tres pulsadores pueden utilizarse en multitud de prácticas, como indicación por parte del usuario de que el sistema puede pasar a otro estado, como señal para el comienzo o fin de prácticas que traten con otros subsistemas, o como entrada simple de datos. Para leer el estado de cualquiera de ellos se puede acceder a los correspondientes registros del microcontrolador, es decir, mediante espera activa, pero, además, el pulsador asociado al pin denominado, a efectos de la presente descripción, *PD2* puede utilizarse como entrada de interrupción externa, ya que en los requisitos que se han especificado ese pin tiene también la funcionalidad de interrupción. Por tanto, ese pulsador puede disparar eventos. Su utilidad se amplia así a prácticas de programación de Sistemas Empotrados y de Sistemas de Tiempo Real, entre otras.

Subsistema SRAM

La invención incluye un subsistema que permite ampliar la capacidad de almacenamiento en memoria RAM del microcontrolador, que habitualmente suele ser demasiado escasa como para realizar adquisición de un volumen de datos relevante. Esto es asimismo una novedad de la presente invención respecto a las soluciones existentes en el ámbito de los dispositivos educativos. En la figura 10 se observa cómo este subsistema dota a la placa de esta memoria RAM estática adicional. Hemos seleccionado memoria estática para evitar la necesidad de circuitería o software adicional que se tenga que ocupar del refresco periódico de su contenido [18]. Su tamaño de almacenamiento puede ser cualquiera que convenga a la fabricación de la invención y al uso de este subsistema para labores de recogida de datos.

Este subsistema tiene los siguientes requisitos respecto del microcontrolador y del resto de la invención:

- 30 • Un módulo interno de control de comunicaciones SPI [19] que le permita al microcontrolador ser servidor de dicho bus y que disponga de 3 pines denominados, a efectos de la presente descripción, *PB5* (SPI-SCK) *PB3* (SPI-MOSI) y *PB4* (SPI-MISO).

- 1 pin de salida digital denominado, a efectos de la presente descripción, *PD2*.

Este subsistema puede utilizarse en una diversidad de prácticas, especialmente en aquellas que involucren adquisición de datos (algunas ya comentadas en apartados anteriores, relativas al Control Automático, por ejemplo), pero también para la realización de dos tipos de ejercicios particulares, lo cual aumenta aún más las funcionalidades educativas de la invención: el estudio de los aspectos de tiempo real de la adquisición de datos, ya que esa memoria exhibe unos tiempos de retardo concretos y medibles por el microcontrolador durante su funcionamiento, y la práctica con el bus de comunicaciones serie SPI para sistemas empotrados, que es el que usa la invención para comunicar al microcontrolador con la memoria. Ambos estudios tienen perfecta cabida en asignaturas relativas a los Sistemas de Tiempo Real y a la programación de Sistemas Empotrados.

La invención está diseñada de forma que las comunicaciones del subsistema SRAM con el microcontrolador pueden deshabilitarse mediante el pin denominado, a efectos de la presente descripción, *PD2* de salida digital del mismo, por lo que así pueden reutilizarse los pines denominados, a efectos de la presente descripción, *PB4* y *PB3* para el subsistema de pulsadores, sin problemas de colisión con el bus SPI mientras la SRAM esté deshabilitada (los datos guardados en la misma no se pierden por ello).

La SRAM sólo necesita la alimentación de 5v disponible para la invención y unas resistencias de protección ante cortocircuitos.

Subsistema misceláneo

La presente invención se completa con algunos componentes más que hemos agrupado en un subsistema misceláneo, los cuales dan soporte a los demás de diversas formas. Este subsistema incluye (véase la figura 11):

- Un circuito de filtrado que evita ruidos y caídas de tensión en la alimentación que la invención usa. La salida de este circuito son los 5v (y la tierra) que alimentan al resto de subsistemas descritos anteriormente. Dispone también de un fusible rearmable para situaciones excepcionales de consumo eléctrico, así como de un LED indicador de la alimentación. El filtro es un elemento esencial de la invención, mientras que el fusible rearmable y el LED indicador son opcionales.
- Un conversor DC/DC que transforma los 5v del filtro anterior en una alimentación de

$\pm 15\text{v}$, necesaria para el subsistema de interfaz externa, como se comentó anteriormente.

- 5 • Un pulsador que activa la señal RESET del microcontrolador. Este pulsador es necesario solamente cuando la invención se realice de tal forma que oculte al microcontrolador y evite la posibilidad de reiniciarlo (como sucede en la realización preferida, descrita más adelante).
- Una réplica de los nombres de los pines que el microcontrolador proporciona a la invención (según los requisitos que establecimos al principio de esta sección), según la nomenclatura del fabricante del mismo. De esta forma se facilita la realización de prácticas de programación de sistemas empotrados con ese microcontrolador.
- 10 • Un puente eléctrico que conecta, de forma convenientemente protegida (con una resistencia), los pines denominados, a efectos de la presente descripción, *PD6* y *PD3* que el microcontrolador debe tener según nuestros requisitos. Como ya se ha comentado anteriormente, el primero de ellos es un pin de salida digital y también el pin que proporciona la salida PWM para el subsistema servomotor, mientras que el segundo es un
- 15 pin que recibe una de las interrupciones externas del microcontrolador. El motivo de reusar ambos para interconectarlos de esta manera es habilitar la posibilidad de que el usuario pueda detectar mediante esa interrupción las bajadas o subidas de la señal PWM, utilizada principalmente en el subsistema servo, y actuar en consecuencia. Esto es útil en prácticas de Sistemas Empotrados, de Control Automático, de Adquisición de Datos y de Tiempo
- 20 Real.

Descripción de las figuras

Fig. 1. Despliegue de la invención para su uso.

25 Fig. 2. Diagrama de bloques general de la invención.

Fig. 3. Subsistema de indicadores LED digitales.

Fig. 4. Subsistema de conversión digital-analógica que recibe los mismos datos digitales que el subsistema de indicadores LED, más una señal de habilitación, y convierte el dato numérico binario representado por los primeros en un voltaje analógico de baja potencia.

30 Fig. 5. Diagrama de bloques del subsistema RC+RLC, que recibe la señal analógica producida por el subsistema DAC y produce otra señal analógica que puede ser leída en el pin de entrada analógico *AD2* del microcontrolador. Las mallas RC y RLC son configurables internamente

mediante dos interruptores y un potenciómetro, respectivamente, mientras que las interconexiones entre las mismas las definen los selectores 1 y 2.

Fig. 6. Subsistema de interfaz con dispositivos externos. Recibe la alimentación que tenga disponible la invención y la señal de salida del subsistema DAC, y produce una señal igual a ésta pero en el rango $\pm 10\text{v}$ para dispositivos externos. También puede recibir una señal de $\pm 10\text{v}$ desde los mismos y trasladarla a la entrada analógica *ADI* del microcontrolador.

Fig. 7. Subsistema de control de servomotores de radiocontrol y cargas que necesiten potencia. Recibe una señal digital PWM (0-5v) desde el pin *PD6* del microcontrolador, y la puede utilizar para: encender y apagar un LED, controlar servos con conectores G-V-S o V-G-S, y controlar cargas que requieran potencia. La alimentación de los conectores está convenientemente filtrada contra ruidos y picos de consumo, y puede ser medida por la entrada analógica *ADI* del microcontrolador.

Fig. 8. Subsistema del potenciómetro manual. El usuario puede cambiar su posición, lo que se refleja en un voltaje analógico que puede ser leído por la entrada *AD5* del microcontrolador.

Fig. 9. Subsistema de pulsadores. Cada uno es independiente de los demás y produce un voltaje de 5v en caso de ser pulsado (0v en caso de que no) en un pin digital de entrada del microcontrolador.

Fig. 10. Subsistema SRAM para el almacenamiento de datos externos. El microcontrolador se comunica con él mediante su propio bus SPI más una señal de habilitación.

Fig. 11. Subsistema misceláneo de la invención. Éste incluye, de izquierda a derecha, un filtro para ruidos en la alimentación que llega a la invención, un indicador luminoso de dicha alimentación, un pulsador que permite resetear el microcontrolador, una replica directa de todos los conectores de la placa del microcontrolador que estén disponible para tal uso y una interconexión del pin *PD6* con el pin *PD2* del microcontrolador para la realización de algunos ejercicios sobre interrupciones.

Fig. 12. Simulación realista de la realización preferida, donde se aprecia su aspecto físico. Esta PCB se conectará a una placa Arduino/Genuino UNO (no mostrada) mediante los pines macho que se observan en los laterales de su parte inferior, por lo que tiene las mismas dimensiones que ésta: 68.6 mm x 53.4 mm [2].

Fig. 13. Esquemático general de la realización preferida y de la parte del subsistema misceláneo que no tiene que ver con la alimentación de la invención. En esta figura aparecen las interconexiones de los distintos subsistemas (mostrados en las figuras siguientes), así como las existentes entre los mismos y el microcontrolador ATmega328P de la placa Arduino/Genuino UNO.

Fig. 14. Esquemático con la realización preferida del subsistema de indicadores LED.

Fig. 15. Esquemático con la realización preferida del subsistema de conversión digital-analógica.

Fig. 16. Esquemático con la realización preferida del subsistema RC+RLC.

5 Fig. 17. Esquemático con la realización preferida del subsistema de interfaz con dispositivos externos.

Fig. 18. Esquemático con la realización preferida del subsistema de control de servomotores de radio control y cargas que necesiten potencia.

Fig. 19. Esquemático con la realización preferida del subsistema de potenciómetro manual.

10 Fig. 20. Esquemático con la realización preferida del subsistema pulsadores.

Fig. 21. Esquemático con la realización preferida del subsistema SRAM.

Fig. 22. Esquemático con la realización preferida de la parte del subsistema misceláneo relativa a la alimentación de la invención.

Fig. 23. Cara de pistas superior de la PCB para la realización preferida.

15 Fig. 24. Cara de pistas inferior de la PCB para la realización preferida.

Fig. 25. Aspecto simulado de la cara superior de la PCB para la realización preferida, una vez soldados los componentes, donde se aprecia el etiquetado diseñado para la invención, que en los conectores laterales replica el nombre de los pines del microcontrolador ATmega328P, algo no disponible en la placa Arduino/Genuino UNO.

20 Fig. 26. Aspecto simulado de la cara inferior de la PCB para la realización preferida, una vez soldados los componentes. Se observan, apuntando hacia fuera de la imagen, los pines de conexión que unen la invención con la placa Arduino/Genuino UNO.

Modo de realización preferida de la invención

25 La constitución y características de la invención se comprenderán mejor con ayuda de la siguiente descripción de ejemplos de realización, debiendo entenderse que la invención no queda limitada a estas realizaciones, sino que la protección abarca todas aquellas realizaciones alternativas que puedan incluirse dentro del contenido y del alcance de las reivindicaciones.

30 Asimismo, el presente documento refiere diversas referencias como estado de la técnica, entendiéndose incorporado por referencia el contenido de todos estos documentos, con objeto de ofrecer una descripción lo más completa posible del estado de la técnica en el que la presente invención se encuadra. La terminología utilizada a continuación tiene por objeto la descripción del ejemplo de modo de realización que sigue y no debe ser interpretada de forma limitante o

restrictiva.

En este apartado describimos una forma preferente de implementación de la invención. En ésta escogemos la placa Arduino/Genuino UNO [2] como contenedor del microcontrolador, que por tanto será el ATmega328P de Atmel [11]. En este caso la invención consiste en una placa de extensión de Arduino/Genuino (o sea, un *shield*), por lo que tiene las mismas dimensiones que ésta: 68.6 mm x 53.4 mm [2]. En esta placa de circuito impreso (PCB) se sueldan los componentes necesarios para la realización de la invención, obteniendo finalmente una circuitería que se conecta manualmente a la placa Arduino/Genuino UNO por una serie de pines (véase figura 12). La alimentación de la invención proviene de la que recibe la placa Arduino/Genuino UNO, la cual podrá venir, a su vez, del mismo PC desde donde ésta se programa (a través de USB, que da 5v y hasta 500 mA), o bien desde una fuente de alimentación externa de entre 7v y 12v conectada a la placa Arduino/Genuino UNO por su *jack* de entrada de alimentación. La placa Arduino/Genuino UNO dispone de reguladores lineales para que en este último caso se cumplan los requisitos especificados para la invención en cuanto a su alimentación (en el primer caso el propio USB ya tiene un voltaje regulado).

Como ya se ha explicado, la presente invención proporciona funcionalidades no disponibles actualmente en los dispositivos existentes identificados, como la circuitería RC+RLC, la SRAM o las conexiones de $\pm 10\text{v}$ con dispositivos externos.

Cada subsistema de los explicados detalladamente en la sección anterior se corresponde en esta realización preferida con un circuito electrónico. Las figuras 13 a 22 son los esquemáticos de dichos circuitos electrónicos. En esos esquemáticos aparecen los valores de los componentes electrónicos escogidos para la misma, que cumplen todo lo especificado de forma general anteriormente, así como sus modelos concretos en los casos en que el modelo o parte concreta son importantes para cumplir la descripción de la invención y/o conseguir una buena ratio funcionalidad/coste.

En particular, la funcionalidad del subsistema DAC la proporciona el circuito integrado TLC7524 de conversión digital-analógica [12] más una referencia de voltaje de 2.5v que puede obtenerse de manera sencilla de los 5v que alimentan a la invención; en el subsistema RC+RLC, la primera malla tiene a su entrada un *buffer* TLV4111 [15] que recibe la señal de salida del DAC y la replica, el cual puede dar un máximo de 150mA, cumpliendo así los requisitos de la invención; para el subsistema potenciómetro hemos escogido el modelo RK09K1110A0J de potenciómetro del fabricante ALPS [17].

Las figuras 23 y 24 muestran las caras de pistas superior e inferior respectivamente de la PCB

de la realización preferida, tal y como serían una vez listas para su fabricación. Asimismo, las figuras 25 y 26 muestran, de forma simulada, cómo quedarían ambas caras con los componentes soldados, lo que también sirve para apreciar el etiquetado diseñado para la invención, que en los conectores laterales replica el nombre de los pines del microcontrolador ATmega328P, algo no disponible en la placa Arduino/Genuino UNO y que puede dificultar el aprendizaje de dicho controlador, como ya se ha comentado anteriormente.

Referencias

- [1] Arduino (2016). Web oficial de Arduino/Genuino, <https://www.arduino.cc/>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [2] Arduino (2016). Página web oficial del modelo Arduino/Genuino UNO, <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [3] Nise N.S. (2011). *Control Systems Engineering*, Sixth Edition, Wiley, ISBN 978-0-470-64612-0.
- [4] Suárez C. (ed.) (2015). *Data Acquisition Handbook*, ML-books International, ISBN 978-1632401328.
- [5] Nof S.Y. (ed.) (2009). *Handbook of Automation*, Springer, ISBN 978-3540788300.
- [6] Zurawski R. (ed.) (2005). *Embedded Systems Handbook*, CRC Press.
- [7] Wellings A., Burns A. (2009). *Real-Time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX*, Addison-Wesley.
- [8] Siciliano B. (ed.) (2008). *Handbook of Robotics*, Springer.
- [9] Atmel (2016). Web oficial del entorno de desarrollo Atmel Studio, <http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [10] Arduino (2016). Página web oficial del software de desarrollo de Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [11] Atmel (2016). Página web oficial del microcontrolador ATmega328P, <http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [12] Texas Instruments (2016). Hoja de especificaciones del DAC TLC7524. Disponible públicamente en <http://www.ti.com/lit/ds/slas061d/slas061d.pdf>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [13] Nilsson J.W., Riedel S. (2014). *Electric circuits*, Tenth edition, Pearson, ISBN 978-0133760033.
- [14] Oppenheim A.V. (2008). *Signals and Systems*, Second edition, PHI, ISBN 978-8120312463.
- [15] Texas Instruments (2016). Hoja de especificaciones del *buffer* TLV4111. Disponible públicamente en <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv4111.pdf>. Consultada el 12 de septiembre de 2016.
- [16] Scarpino M. (2015). *Motors for Makers: A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines*, Que Publishing, ISBN 978-0134032832.
- [17] Alps (2016). Web oficial del potenciómetro RK09K1110A0J. Disponible públicamente en <http://www.alps.com/prod/info/E/HTML/Potentiometer/RotaryPotentiometers/RK09K/RK09K1110A0J.html>. Consultada el 13 de septiembre de 2016.
- [18] Rajput S. (2013). *CMOS SRAM Memory Chip Design: High Speed and Low Power*, Lambert Academic Publishing, ISBN 978-3-659-32037-8.
- [19] Frenzel L. (2015). *Handbook of Serial Communications Interfaces: A Comprehensive Compendium of Serial Digital Input/Output (I/O) Standards*, Newnes, ISBN 978-0128006290.

- [20] Fritzing (2015). Web oficial de PICduino. <http://fritzing.org/projects/picduino>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- [21] Raspberry Pi Foundation (2016). Web oficial de Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 5 [22] Ma-Wang (2013). Electronic technology experimental box for classroom teaching. Código CN104424836A.
- [23] Reach Electronics (Kickstarter) (2014). Portable Dual Arduino (TM) Micro XPlorerBoard. Disponible en <https://www.kickstarter.com/projects/1576747460/portable-dual-arduino-micro-xplorerboard?lang=es>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 10 [24] Parallax Inc. (2014). Board of Education Shield. Disponible en <https://www.parallax.com/product/35000>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- [25] Velleman Kits (2003). PIC Programmer & Experiment Kit K8048. Disponible en http://www.apogeekits.com/pic_programmer_k8048.htm. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 15 [26] Parallax Inc. (2014). Basic STAMP Discovery Kit. Disponible en <https://www.parallax.com/product/27807>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- [27] Dilligent Inc. (2014). Analog Shield. Disponible en <http://store.digilentinc.com/analog-shield-high-performance-add-on-board-for-the-arduino-uno/>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 20 [28] Visgence Inc. (2013). Power DAC Shield. Disponible en <https://www.tindie.com/products/visgence/power-dac-shield/>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- [29] Numato Labs. (2015). Digital and Analog IO Expander Shield. Disponible en <http://numato.com/digital-and-analog-io-expander-shield/>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 25 [30] Gertboard (2012). Gertboard for Raspberry Pi. Disponible en <http://es.farnell.com/gertboard/gertboard/assembled-gertboard-for-raspberry/dp/2250034>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- [31] Piface (2013). Piface I/O board for Raspberry Pi. Disponible en <http://es.farnell.com/piface/piface-digital/i-o-expansion-board-for-raspberry/dp/2218566>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 30 [32] Universidad de Entre Ríos (2015). Placa electrónica educativa. Noticia publicada en <http://www.elonce.com/secciones/sociedad/407429-en-la-uner-desarrollan-una-placa-electrnica-educativa/.htm>. Consultada el 20 de septiembre de 2016.
- 35 [33] SparkFun (2014). SparkFun inventor kit. Disponible en <https://www.sparkfun.com/products/12060>. Consultado el 20 de septiembre de 2016.
- [34] Cebek (2001). Entrenadores de electrónica. Disponibles en http://www.electan.com/kits-educativos-cebek-entrenadores-electronica-c-320_315.html?osCsid=7fo1vh793l5f8qced2i3jno0m4. Consultados el 20 de septiembre de 2016.
- 40 [35] Snapcircuits (2016). Entrenadores de electrónica. Disponibles en <http://www.snapcircuits.net/>. Consultados el 20 de septiembre de 2016.
- [36] Sony Corp. (1985). Interactive teaching apparatus. Código US4812125A.
- [37] NIDA Corp. (1978). Electronic teaching and testing device. Código US4213253A.
- [38] Jensen K. (1982). Simulator systems for interactive simulation of complex dynamic systems. Código US4464120A.
- 45 [39] Kuczewski R.M. (1996). Cooperative/interactive learning system for logic instruction. Código US5868575A.
- [40] Gabriel E.Z. (1979). Educational analog computer laboratory. Código US4315320A.
- [41] Gabriel E.Z. (1974). Electronic analog computers. Código US3996457A.
- 50 [42] Durukan C. (2014). Training and experiment system supported by an animation based full

simulation method. Código WO2015112103A1.

[43] Pearce J.M. (2013). *Open-Source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs*. Elsevier, ISBN 9780124104624.

[44] Dan (2010). Open and modular singlechip teaching and learning experimental device. Código CN201765731U.

[45] Zhan Yufu (2014). Embedded single-chip microcomputer application technology project training system. Código CN103646585A.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo electrónico educativo de funcionalidad múltiple para diversas ramas de la ingeniería que requiere

- 5
- Disponer de una placa que contenga un microcontrolador que funcione a una tensión de 5v en sus pines y que permita que esos pines se puedan conectar al dispositivo electrónico educativo a través de conectores apropiados, dicho microcontrolador disponiendo de:
- 10
- 3 entradas de voltaje analógico en el rango 0/5v dotadas del conversor o conversores necesarios de analógico a digital, capaces de proporcionar voltajes digitalizados al software del microcontrolador con una frecuencia mínima de 9KHz;
 - 1 salida digital capaz de generar ondas PWM dentro del rango de 30 a 60Hz de frecuencia y de 400 a 3000 microsegundos de ancho de pulso;
- 15
- Un módulo interno de control de comunicaciones SPI que permita al microcontrolador ser servidor de dicho bus y que disponga de 3 pines que deberán poder usarse como entradas o salidas digitales independientes entre sí en caso de que no se active el módulo SPI del microcontrolador;
- 20
- 2 pines de entrada de interrupciones externas al microcontrolador, independientes, configurables para disparar las interrupciones correspondientes por flanco de subida o de bajada, y con capacidad de ser utilizados como pines de entrada o salida digitales independientes;
 - 8 pines de salida digital independientes por los que pueda enviarse un número de
- 25
- 8 bits sin signo;
 - 1 pin de salida digital; y
 - 1 pin de entrada digital que produzca un reinicio en el microcontrolador cuando se ponga a un estado (voltaje digital) determinado;
- 30
- Disponer de una alimentación para la placa del microcontrolador mencionada en el anterior punto que pueda proporcionar al menos 500 miliamperios a una tensión de 5v, que esté regulada, y que sea accesible para el dispositivo electrónico educativo a través de conectores apropiados; y
 - Disponer del hardware y software suficientes para poder programar el

microcontrolador residente en la placa mencionada en el primer punto;

caracterizado por que comprende los siguientes subsistemas:

- 5 • Subsistema de indicadores digitales, que dota al microcontrolador de indicadores luminosos, útiles para depuración, visualización de datos y otros propósitos, y que permite la programación desde el microcontrolador de 8 señales luminosas binarias (ON/OFF) independientes en lógica positiva;
- 10 • Subsistema de conversión analógica-digital (DAC), que transforma a un valor de voltaje analógico en el rango 0 - 5v, de forma lineal, el valor digital de 8 bits existente en los mismos pines del microcontrolador que actúan como entradas del subsistema de indicadores digitales;
- Subsistema RC+RLC, que consiste en dos mallas de circuito eléctrico, RC y RLC, con elementos lineales;
- 15 • Subsistema de interfaz externa, que permite utilizar dispositivos externos adicionales cuando se desee para la realización de prácticas educativas;
- Subsistema servo, que permite el control de servomotores de radiocontrol externos mediante un pin de salida digital del microcontrolador por el que pueda generarse una señal PWM;
- 20 • Subsistema potenciómetro, que consiste en un potenciómetro lineal que permite que el usuario establezca el valor de una resistencia y, a través de la misma, el de un divisor de tensión, generando así una señal de voltaje analógico de entre 0v y 5v que está conectado a un pin de entrada analógica;
- Subsistema de pulsadores, que incluye 3 pulsadores que el usuario puede utilizar para introducir datos o información digital y que están conectados a tres entradas digitales del microcontrolador;
- 25 • Subsistema SRAM, encargado de almacenar datos procedentes de los demás subsistemas, ampliando la capacidad de almacenamiento en memoria RAM estática del microcontrolador; y
- 30 • Subsistema misceláneo, que incluye componentes que dan soporte a los demás subsistemas.

2. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que las señales digitales que recibe el subsistema de indicadores digitales son las mismas que recibe el subsistema DAC y están protegidas con resistencias para que el consumo total de corriente en caso de que se enciendan todos los indicadores simultáneamente sea asumible por la fuente de alimentación.
- 5
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2 caracterizado por que la salida analógica del subsistema DAC está conectada al subsistema RC+RLC, dicha señal analógica regulable con objeto de a su vez regular las salida del subsistema RC+RLC, y dicho subsistema RC+RLC comprendiendo un *buffer* a la entrada de la malla RC que recibe dicha señal de salida analógica del subsistema DAC y la replica sin cambios.
- 10
4. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema RC+RLC consiste en una malla RC que consta de una resistencia y un condensador en serie, y en una malla RLC que consta de una resistencia, una inductancia y un condensador en serie, ambas mallas teniendo ganancia unitaria por lo que sus salidas pueden ser mayores de 5v aunque la señal analógica del subsistema DAC sea en el rango 0 - 5v.
- 15
5. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que los valores para los componentes de la malla RC son $R = 100$ ohmios y C en el rango $2 - 21.7\mu\text{F}$; y los valores de los componentes de la malla RLC son R en el rango $0 - 500$ ohmios, $L = 47\text{mH}$ y $C = 1\mu\text{F}$.
- 20
6. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que la malla RC es configurable manualmente mediante dos interruptores que permiten seleccionar un valor del condensador de un conjunto de 4 valores distintos: $2\mu\text{F}$, $6.7\mu\text{F}$, $17\mu\text{F}$ o $21.7\mu\text{F}$.
- 25
7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6 caracterizado por que la resistencia de la malla RLC es variable y configurable mediante un potenciómetro.
- 30
8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7 caracterizado por que las

mallas RC y RLC, además de funcionar por separado, se interconectan de forma que la malla RC constituye una etapa anterior a la malla RLC, determinándose el comportamiento de la interconexión mediante la regulación del condensador de la malla RC.

5

9. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que mediante los interruptores que permiten seleccionar un valor del condensador de la malla RC se selecciona que la salida final del subsistema RC+RLC sea bien la de la malla RC, bien la de la malla RLC, bien la del *buffer* a la entrada de la malla RC sin pasar por dicha malla RC o por la malla RLC.

10

10. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que la salida final del subsistema RC+RLC está protegida por dos diodos de corte para evitar que los voltajes por encima de 5v o por debajo de 0v lleguen a la entrada analógica del microcontrolador.

15

11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el subsistema de interfaz externa comprende una interfaz eléctrica de entrada y otra de salida que funcionan en el rango de voltajes de $\pm 10v$.

20

12. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema de interfaz externa transmite, una vez conectado a dispositivos externos adicionales, una señal analógica de $\pm 10v$ hacia los mismos, señal de salida, y, simultáneamente, recibe otra señal en el mismo rango de voltaje desde los mismos, señal de entrada, dichas señales de entrada y de salida no transmitiendo potencia.

25

13. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que la señal de salida de $\pm 10v$ del subsistema de interfaz externa se obtiene a partir de la salida analógica del subsistema DAC desacoplando dicho subsistema DAC del subsistema de interfaz externa haciendo pasar la señal de salida del subsistema DAC primero por un *buffer* y

30

posteriormente por un amplificador operacional que escala y desplaza dicha señal.

14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 12 ó 13 caracterizado por que la

señal de entrada de $\pm 10\text{v}$ del subsistema de interfaz externa se pasa por dos amplificadores operacionales que la escalan y desplazan hasta el rango de 0v a 5v , el cual entra en un pin analógico del microcontrolador.

- 5 15. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el escalado y desplazamiento de las señales de entrada y salida del subsistema de interfaz externa reutilizan un mismo voltaje de referencia de 1.25v , voltaje para cuya obtención se limita la salida del subsistema DAC al rango de 0v a 2.5v .
- 10 16. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 14 ó 15 caracterizado por que la conversión de voltaje asociada a las señales de entrada y salida del subsistema de interfaz externa necesita una alimentación de $\pm 15\text{v}$, dicha alimentación producida por el subsistema misceláneo a partir de la alimentación de 5v de la placa del microcontrolador.
- 15 17. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el subsistema servo recibe la señal PWM del microcontrolador, la utiliza para hacer parpadear un LED, y, simultáneamente, la envía a una serie de conectores físicos donde se pueden unir diversos tipos de servomotores.
- 20 18. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que la serie de conectores comprende tres conectores distintos: uno para servomotores que utilizan conectores de formato G-V-S (tierra-alimentación-señal), otro para servomotores que utilizan el formato de conector V-G-S, y el último para cargas generales que reciben una señal de potencia comandada por una señal PWM.
- 25 19. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema servo comprende medios para filtrar la alimentación de 5v que le envía al servo con objeto de evitar la propagación de ruidos y bajadas de tensión entre el propio servo y el dispositivo electrónico educativo.
- 30 20. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema servo comprende un fusible rearmable en el camino de alimentación del servo para situaciones

excepcionales.

- 5 21. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20 caracterizado por que el subsistema servo comprende un sensor de consumo de corriente del servo, situado en el camino de alimentación del mismo, e implementado mediante una resistencia *shunt* de pequeño valor más un amplificador de voltaje, dicho sensor proporcionando un voltaje analógico de entre 0v y 5v que es proporcional a la corriente que el servo está consumiendo en cada momento.
- 10 22. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que los datos obtenidos por el sensor de consumo de corriente del servo se almacenan utilizando el subsistema SRAM siendo adquiridos a través de un pin analógico de entrada del microcontrolador.
- 15 23. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que las comunicaciones del subsistema SRAM con el microcontrolador pueden deshabilitarse mediante uno de los pines de salida digital de dicho microcontrolador.
- 20 24. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el subsistema misceláneo comprende:
- Un circuito de filtrado que evita ruidos y caídas de tensión en la alimentación del dispositivo electrónico educativo, siendo la salida de dicho circuito los 5v (y la tierra) que alimentan al resto de subsistemas;
 - Un convertor DC/DC que transforma los 5v del circuito de filtrado anterior en una alimentación de $\pm 15v$, necesaria para el subsistema de interfaz externa;
 - 25 • Una réplica de los nombres de los pines que el microcontrolador proporciona al dispositivo electrónico educativo; y
 - Un puente eléctrico que conecta, de forma convenientemente protegida (con una resistencia), el pin de salida digital del microcontrolador que proporciona la señal de salida PWM para el subsistema servomotor, y un pin que recibe una de las
- 30 interrupciones externas del microcontrolador.
25. Dispositivo según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema

misceláneo comprende además un fusible rearmable para situaciones excepcionales de consumo eléctrico, y un LED indicador de la alimentación.

- 5 26. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que el subsistema misceláneo comprende además un pulsador que activa la señal RESET del microcontrolador.

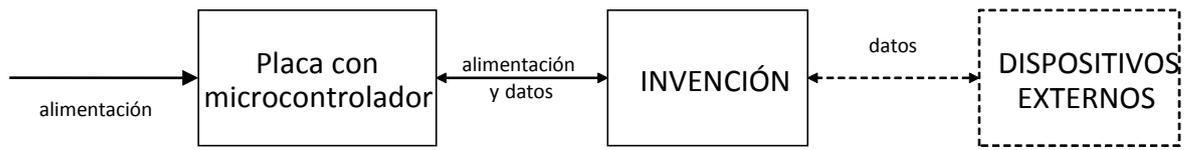


Fig. 1

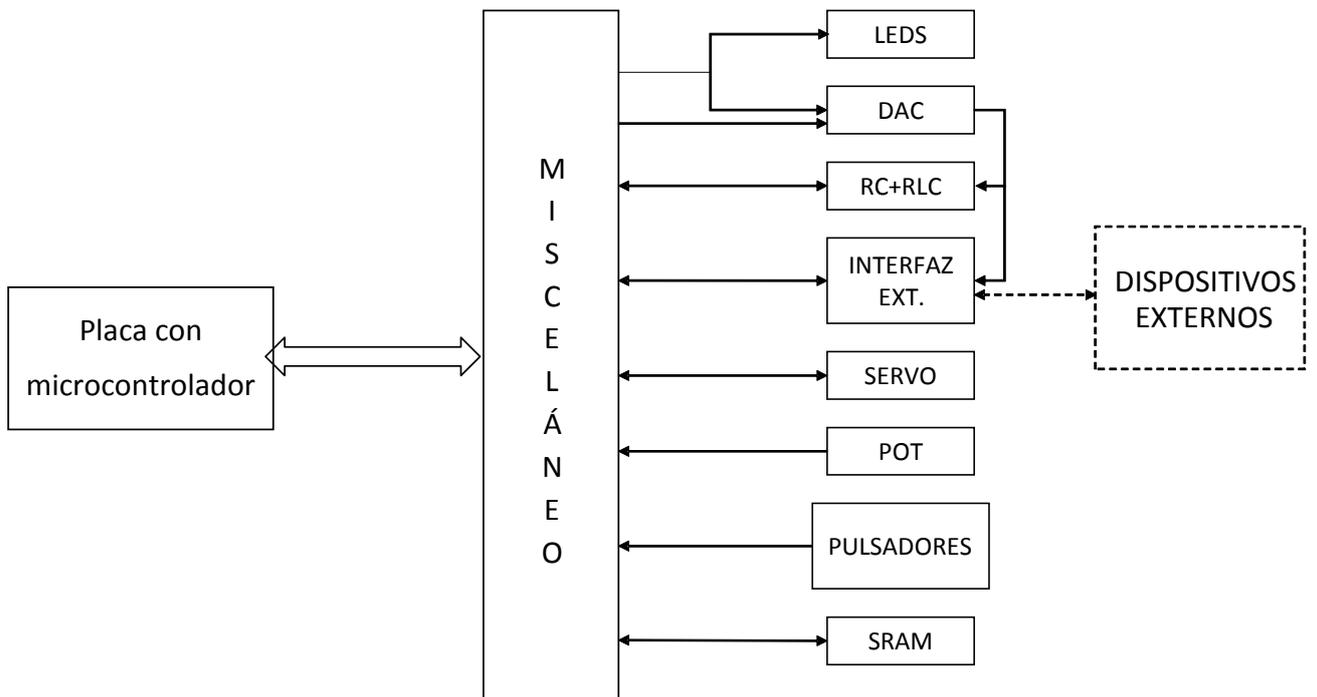


Fig. 2

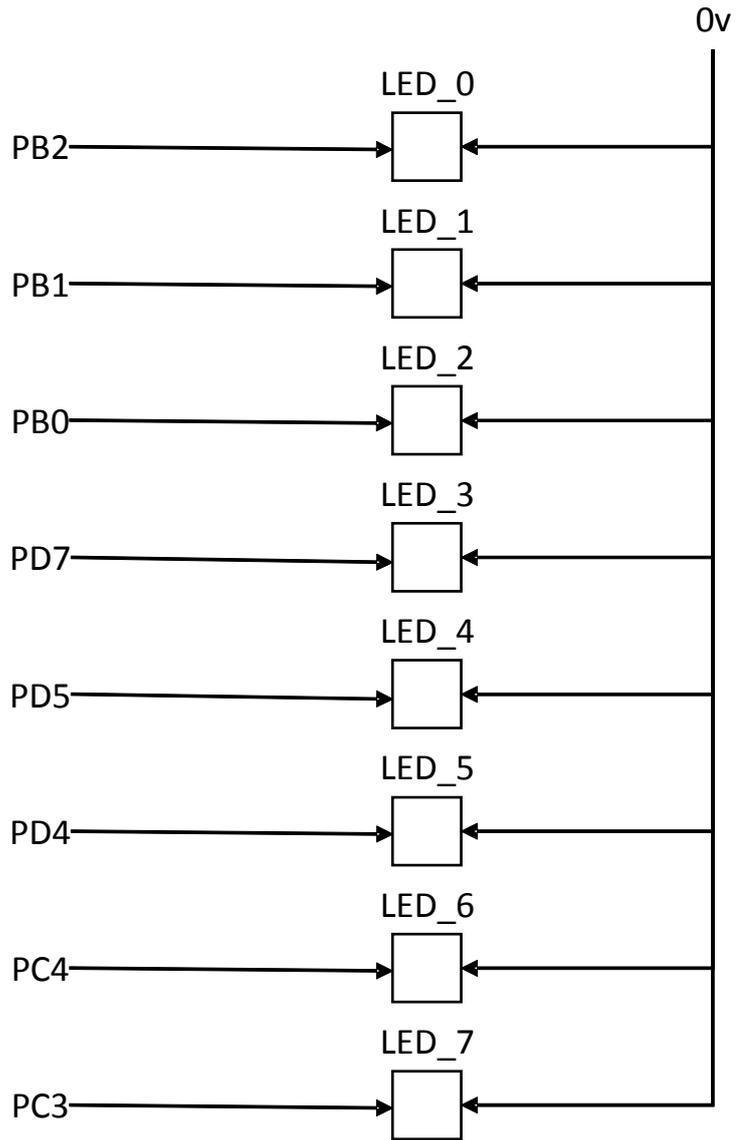


Fig. 3

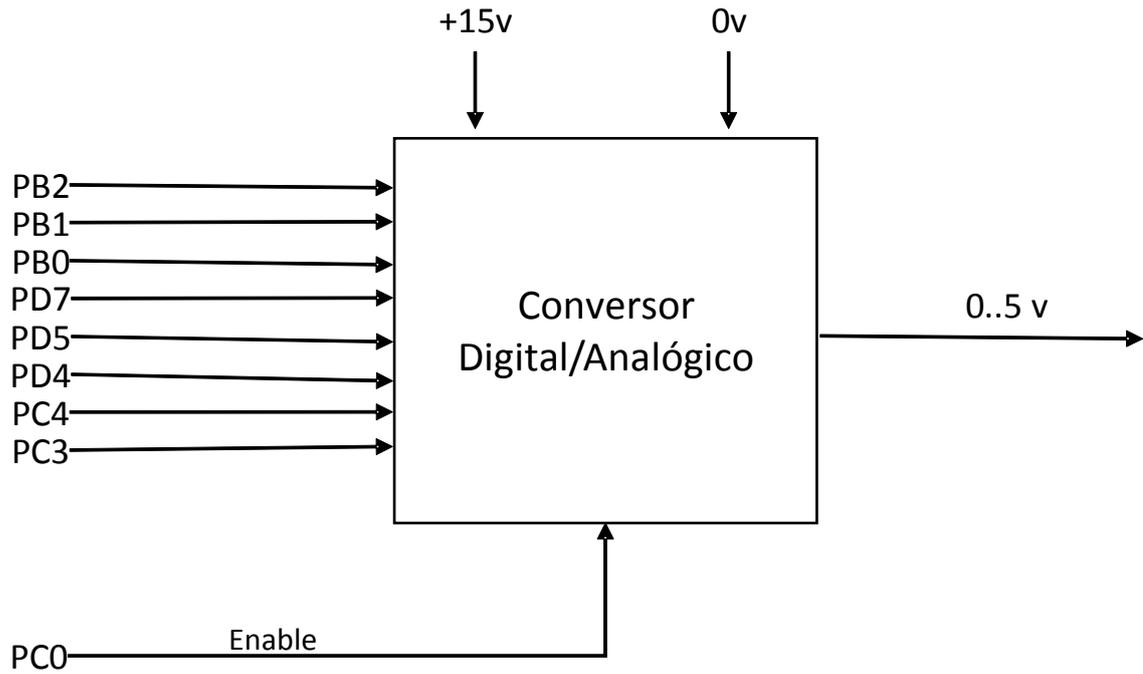


Fig. 4

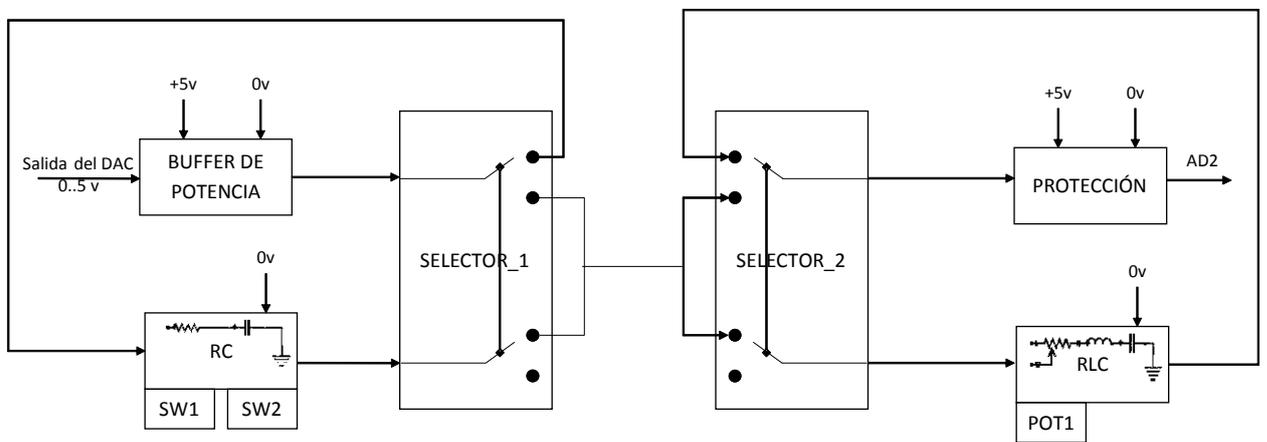


Fig. 5

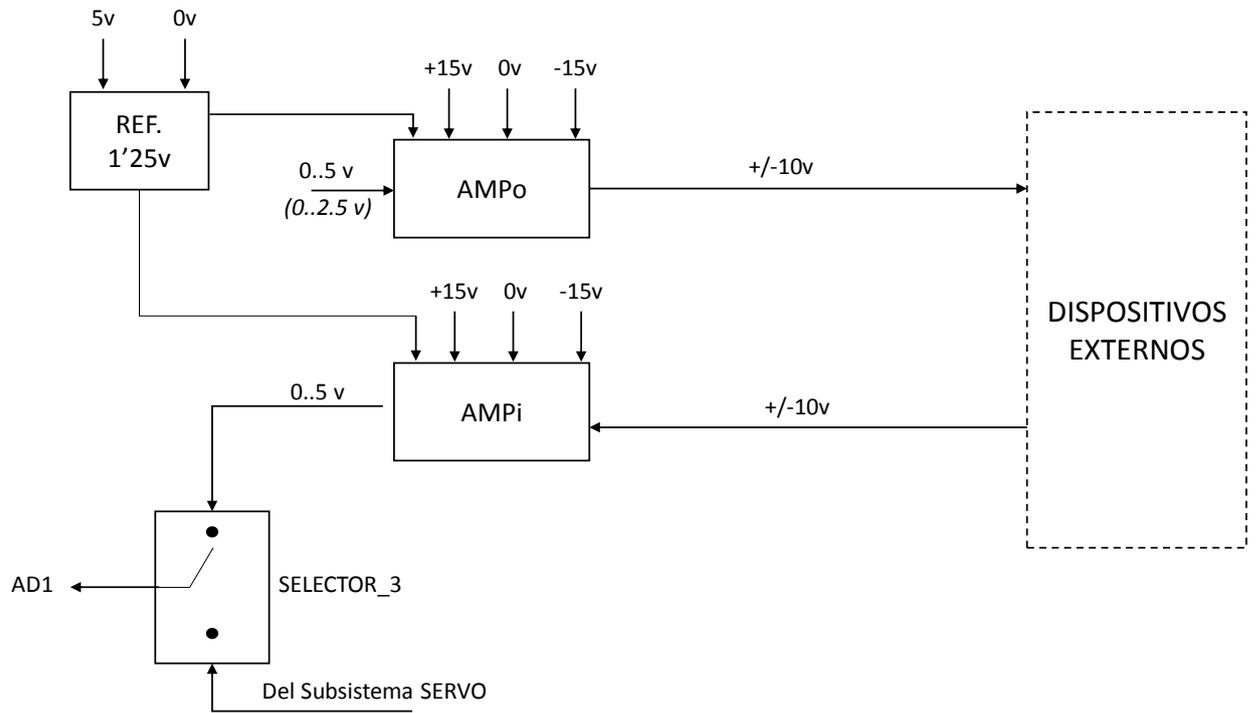


Fig. 6

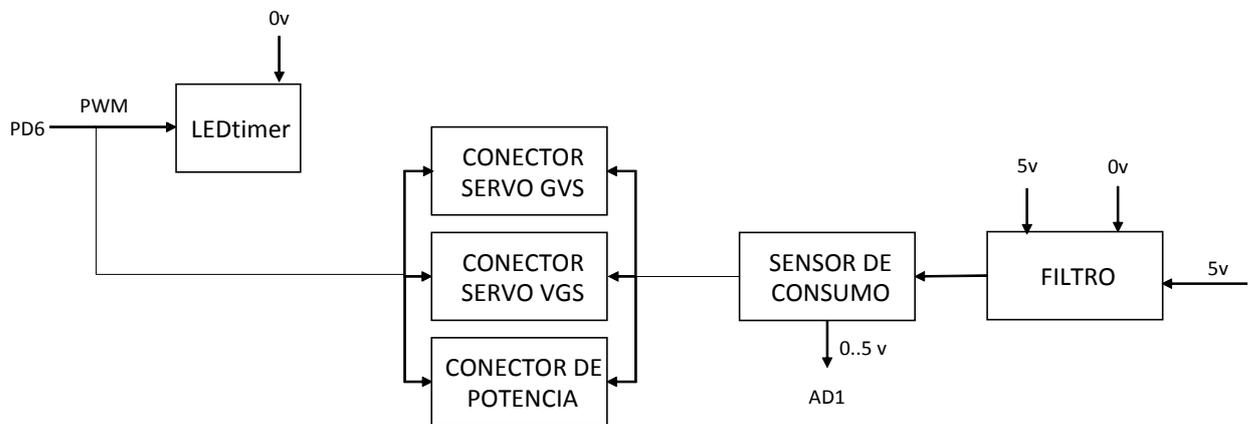


Fig. 7



Fig. 8

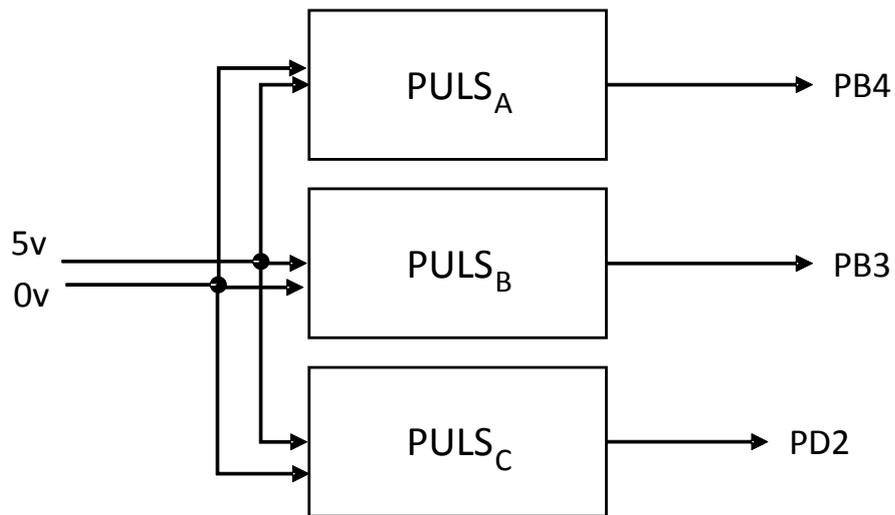


Fig. 9

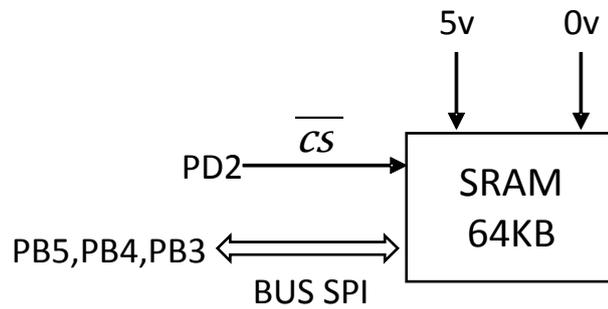


Fig. 10

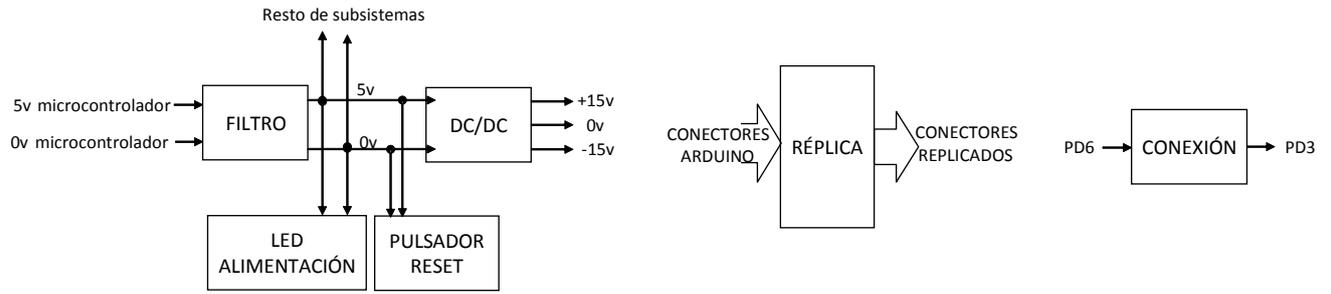


Fig. 11

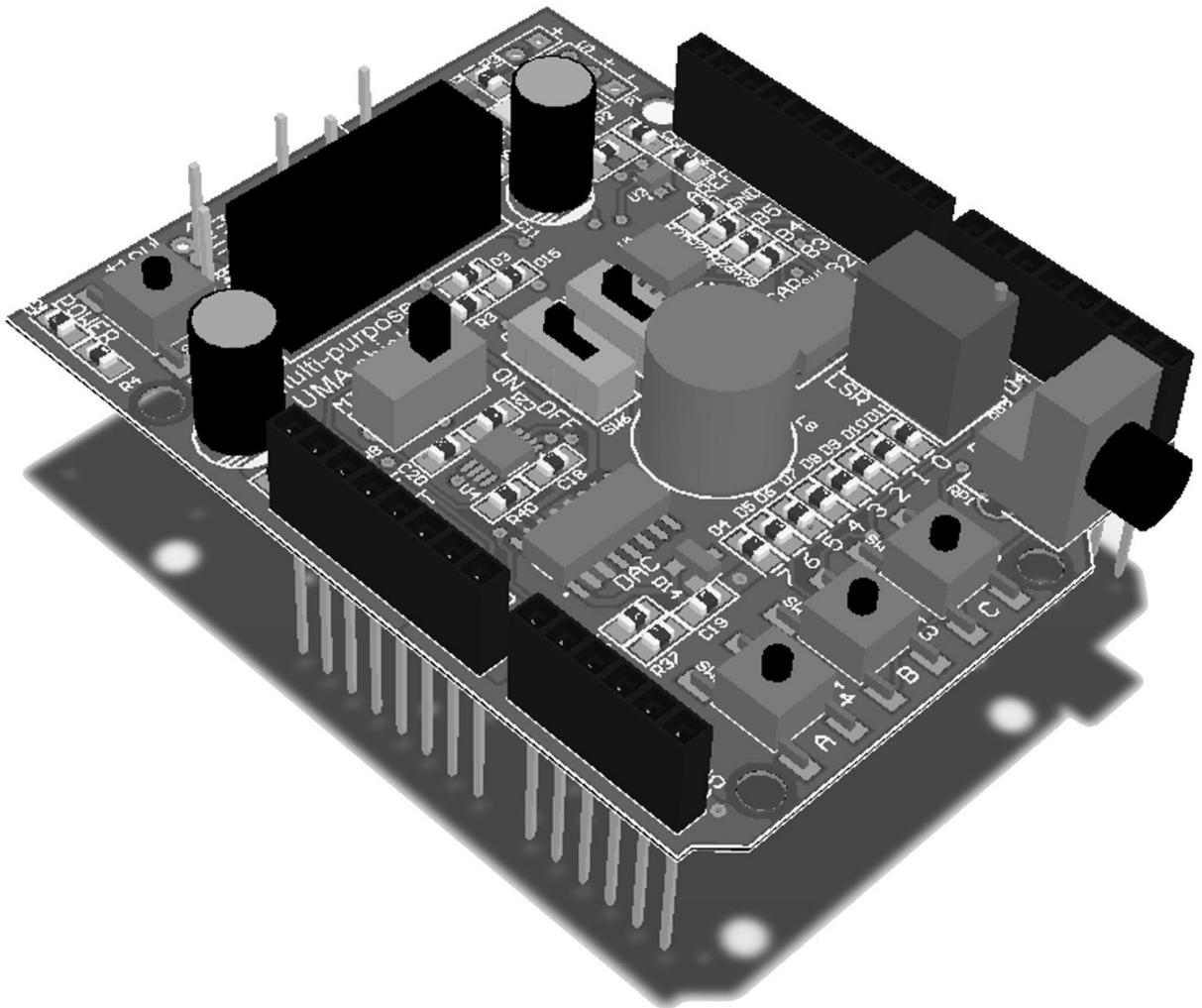


Fig. 12

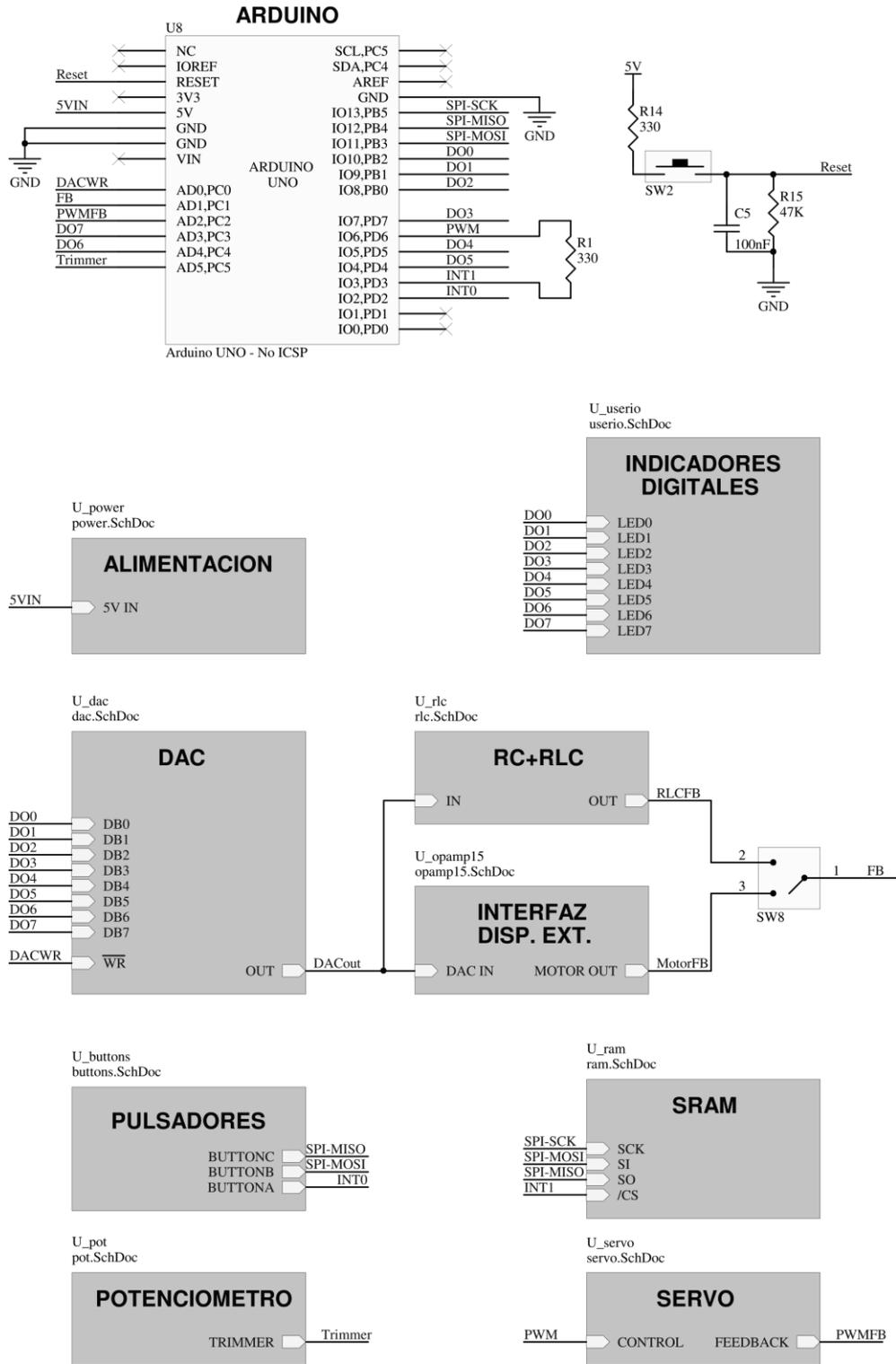


Fig. 13

ES 2 622 734 B1

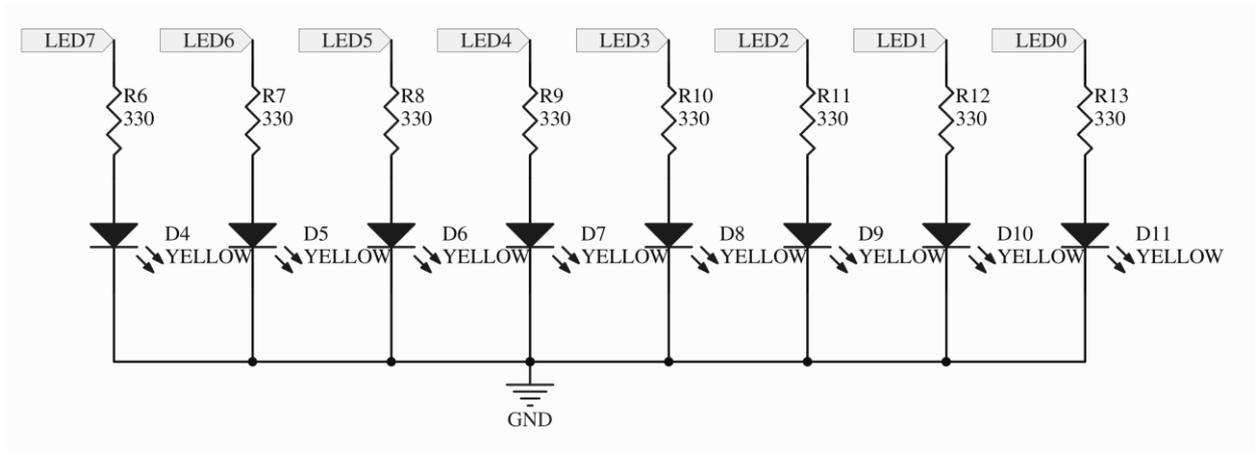


Fig. 14

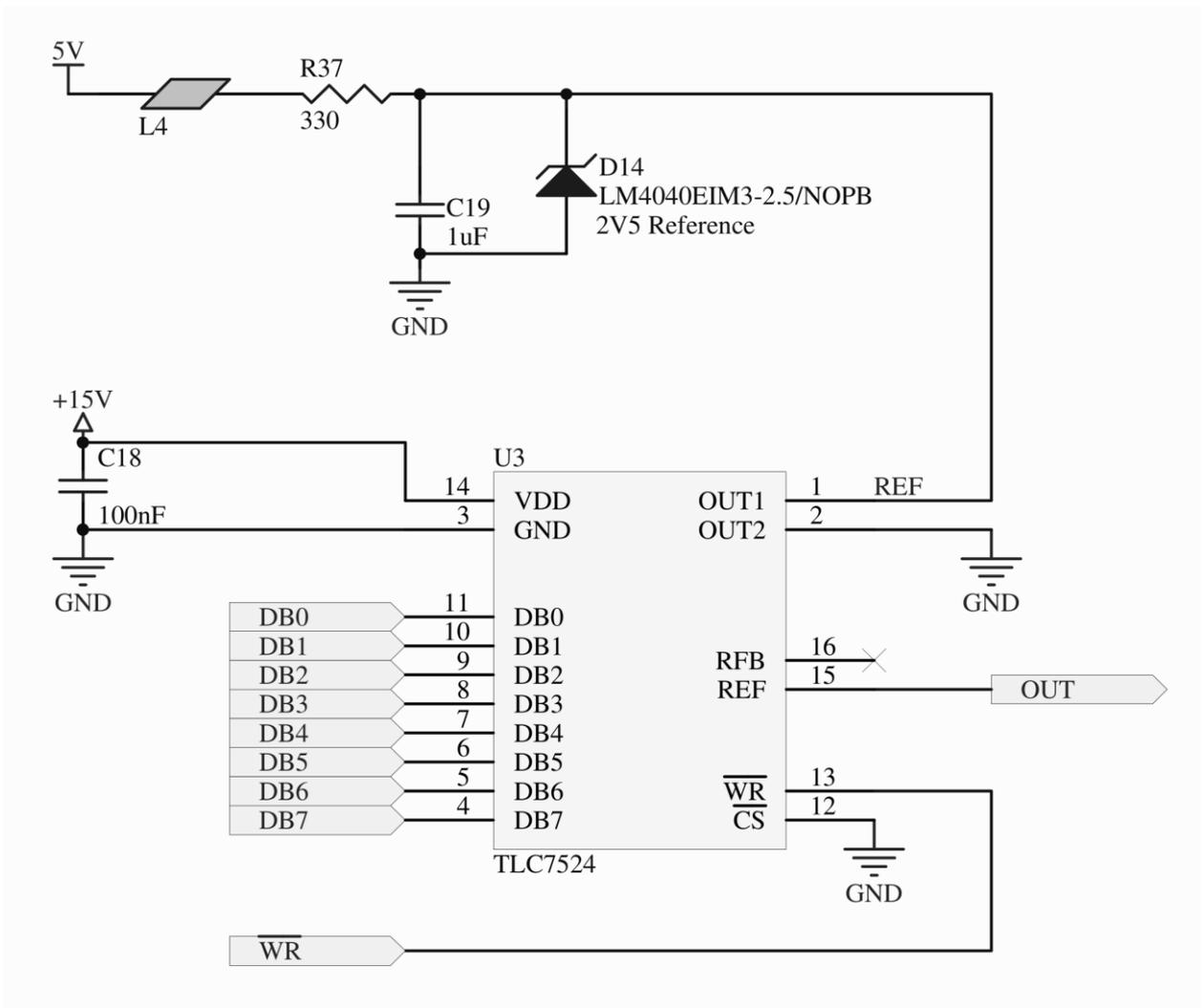


Fig. 15

ES 2 622 734 B1

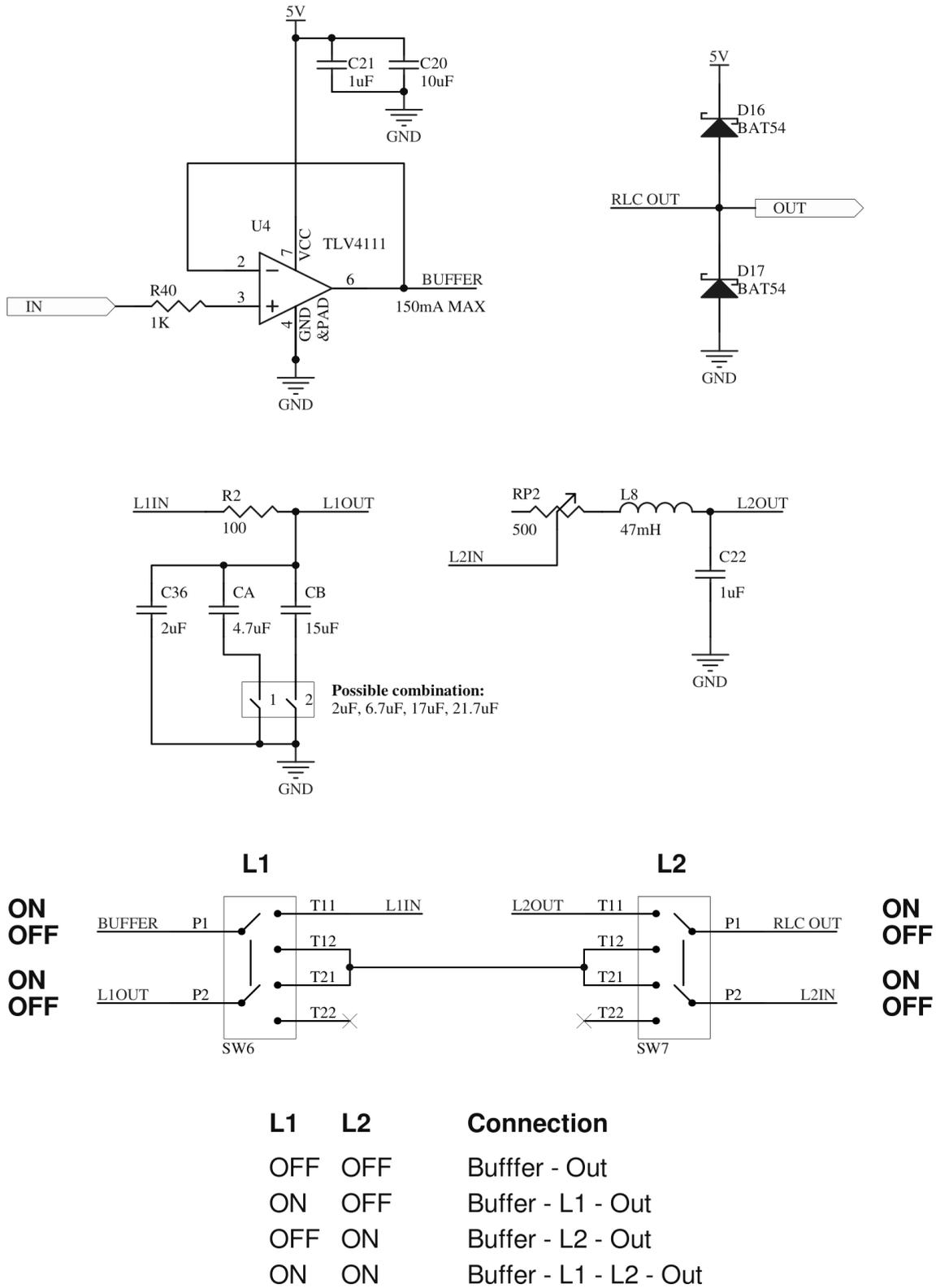


Fig. 16

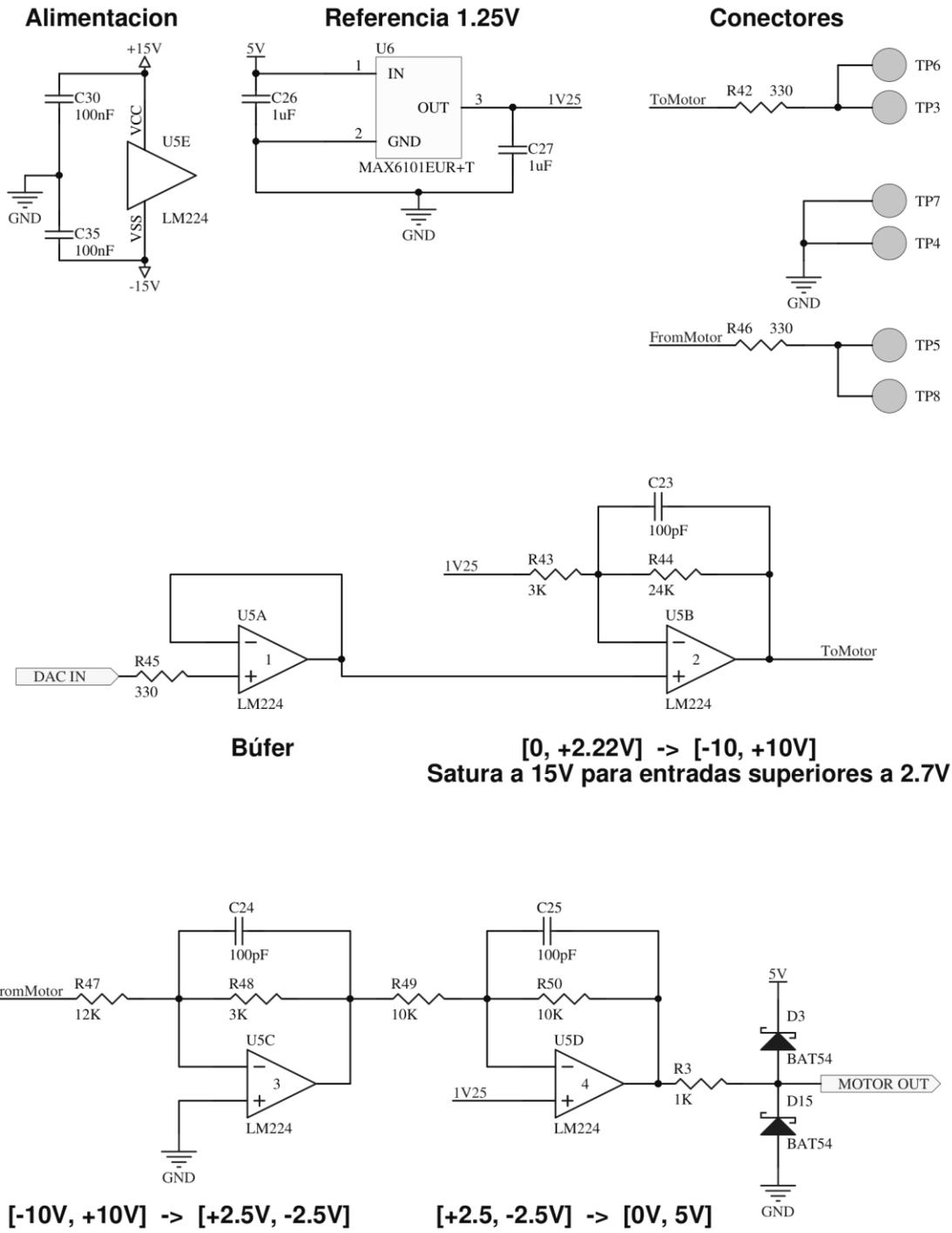


Fig. 17

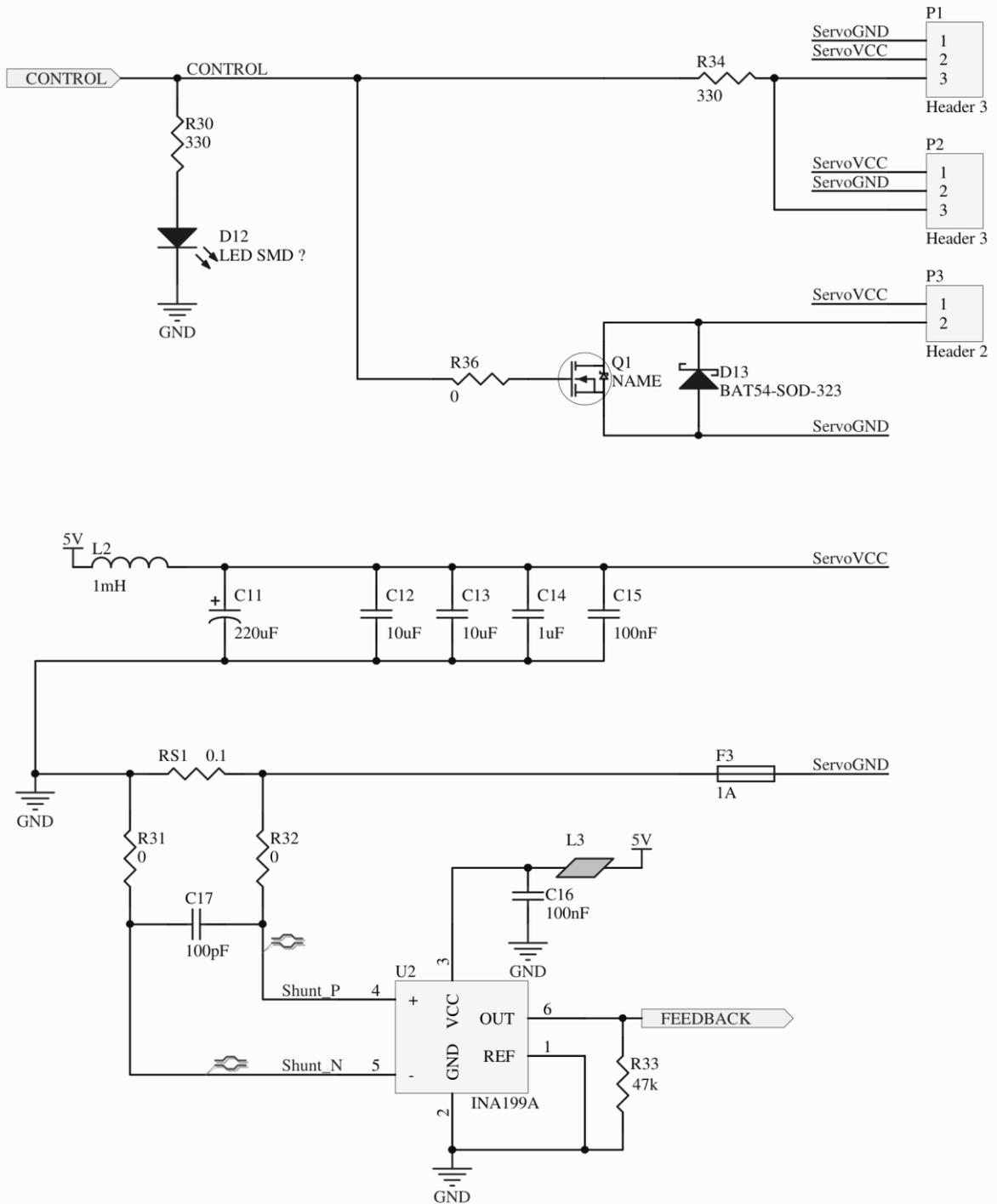


Fig. 18

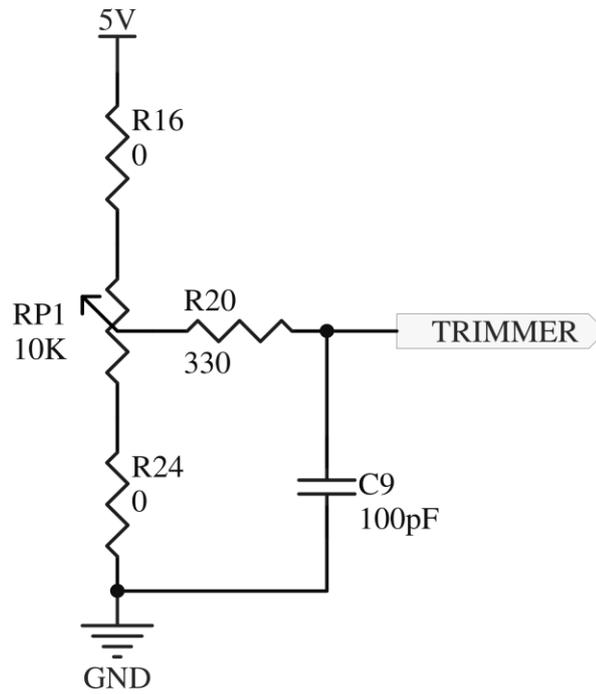


Fig. 19

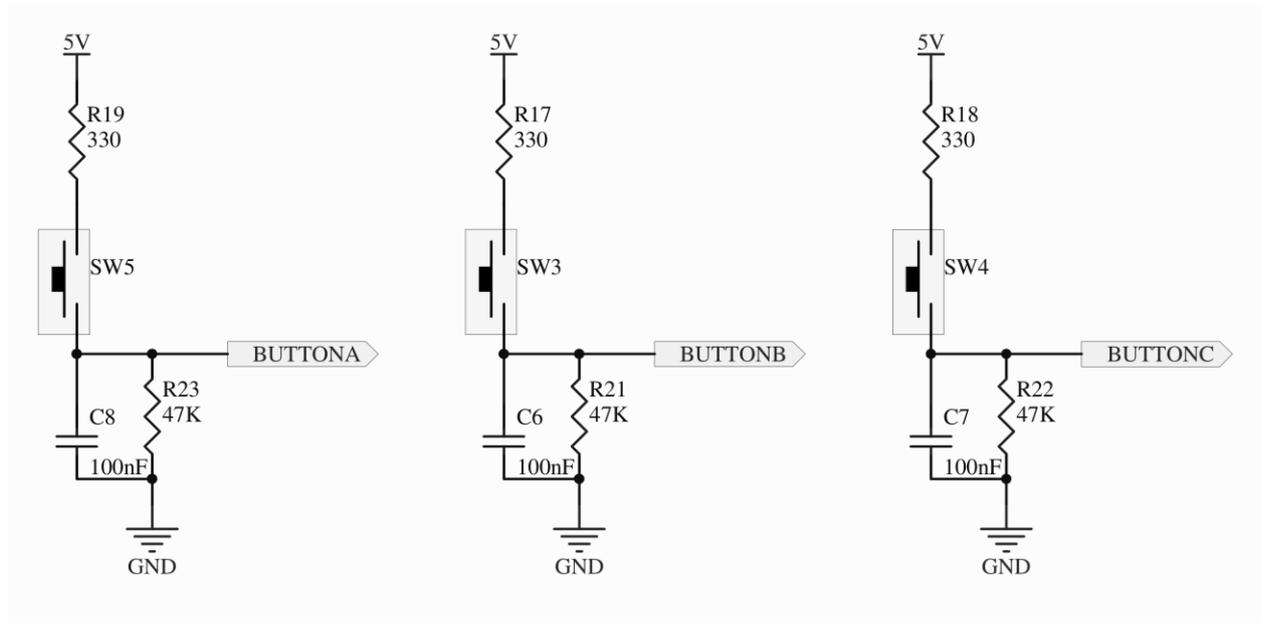


Fig. 20

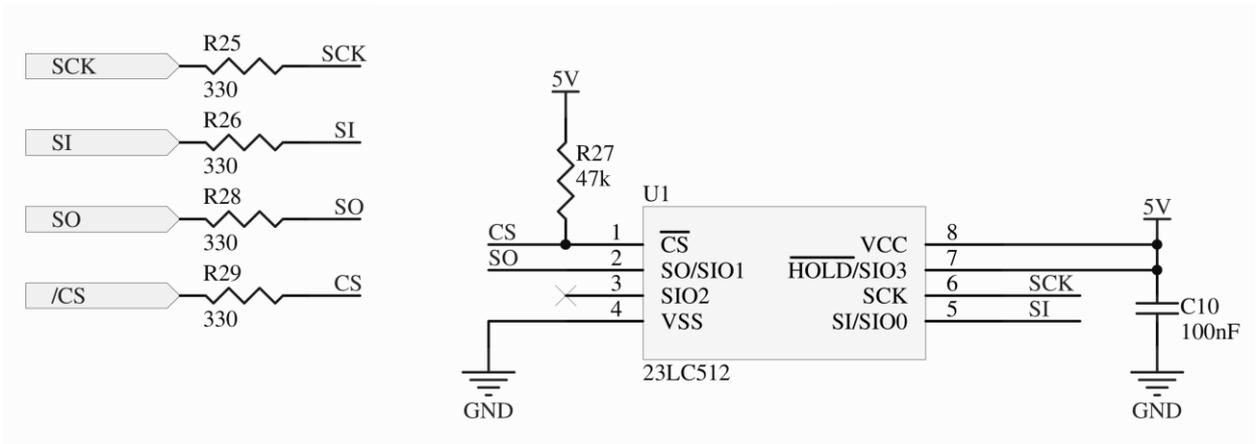


Fig. 21

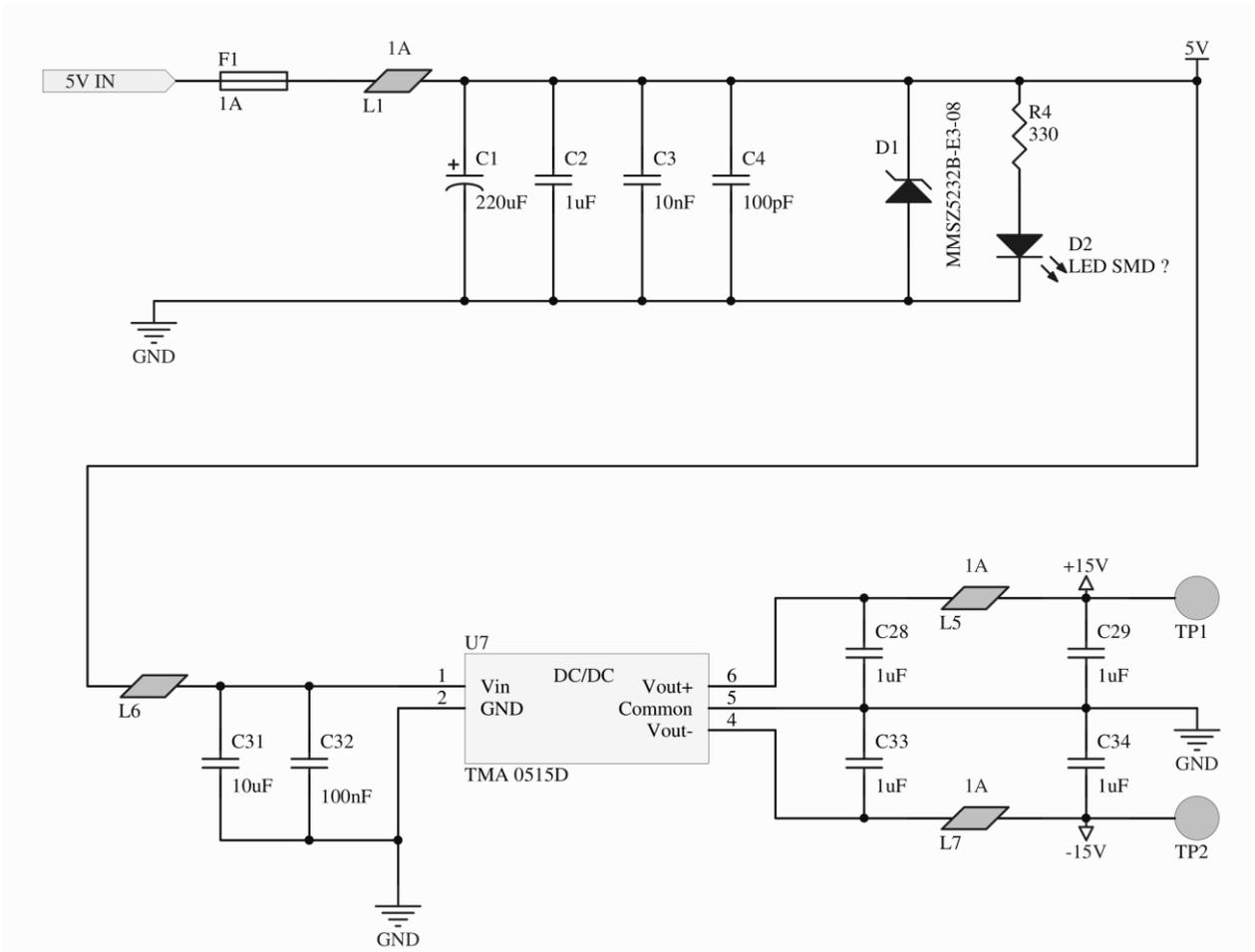


Fig. 22

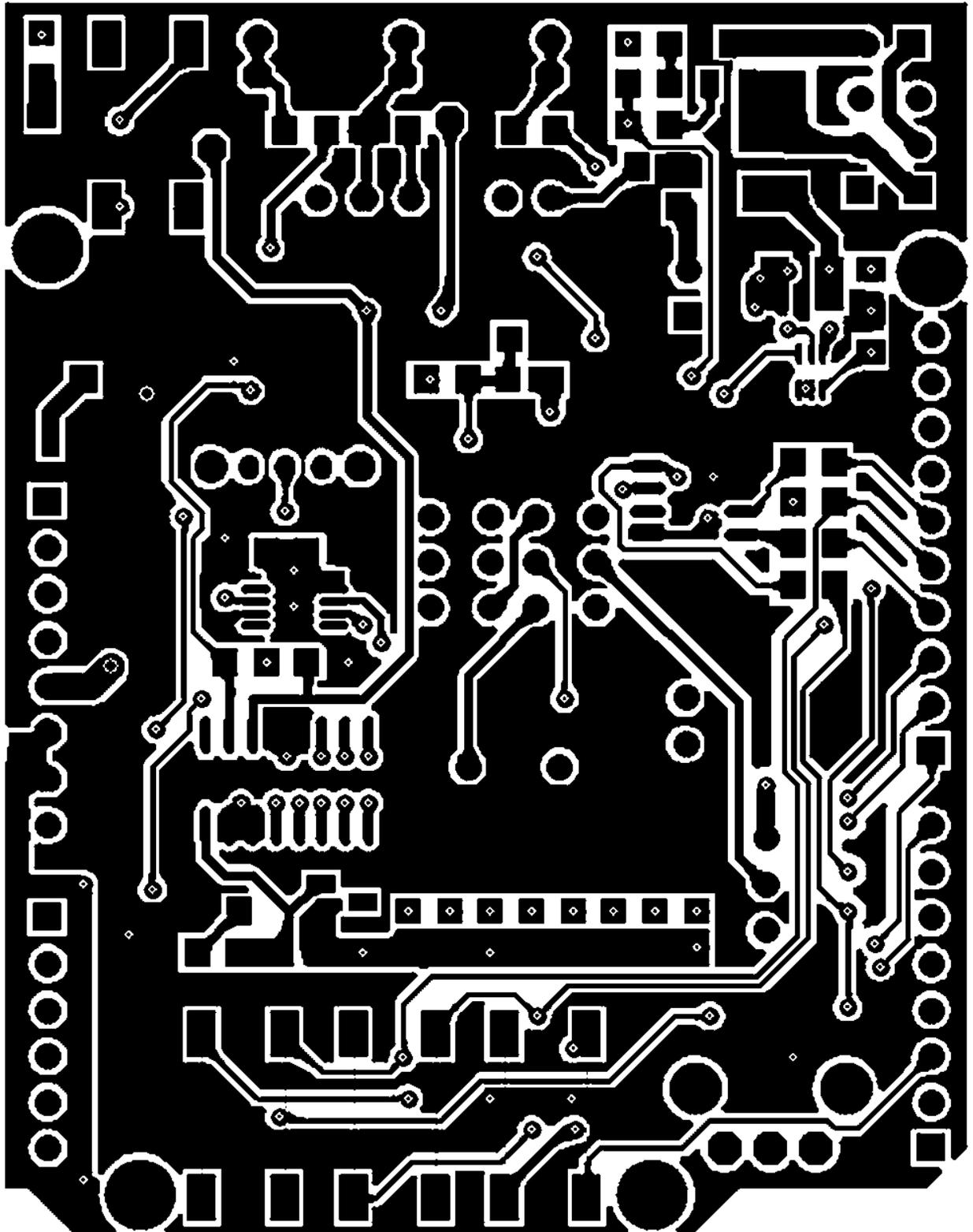


Fig. 23

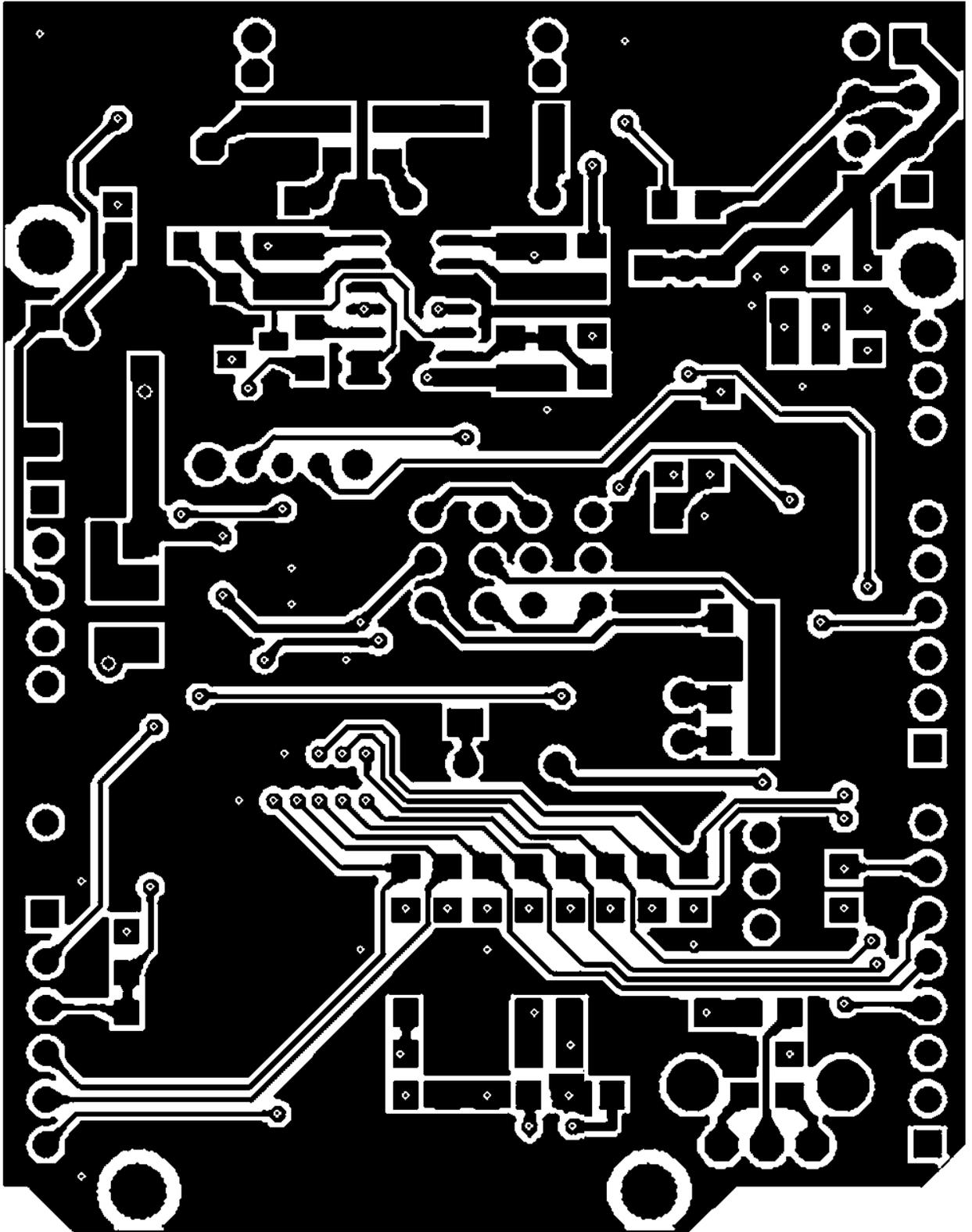


Fig. 24

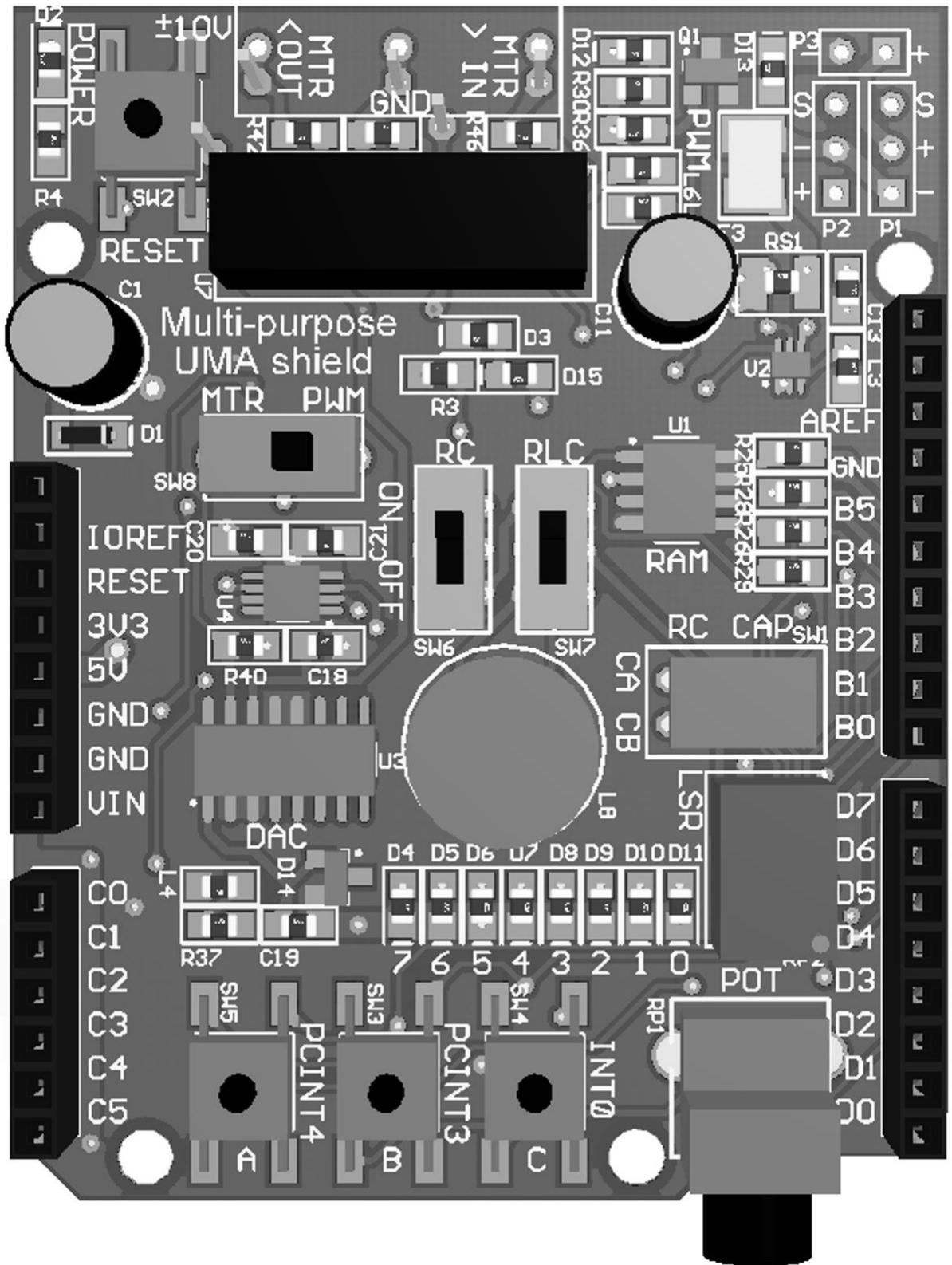


Fig. 25

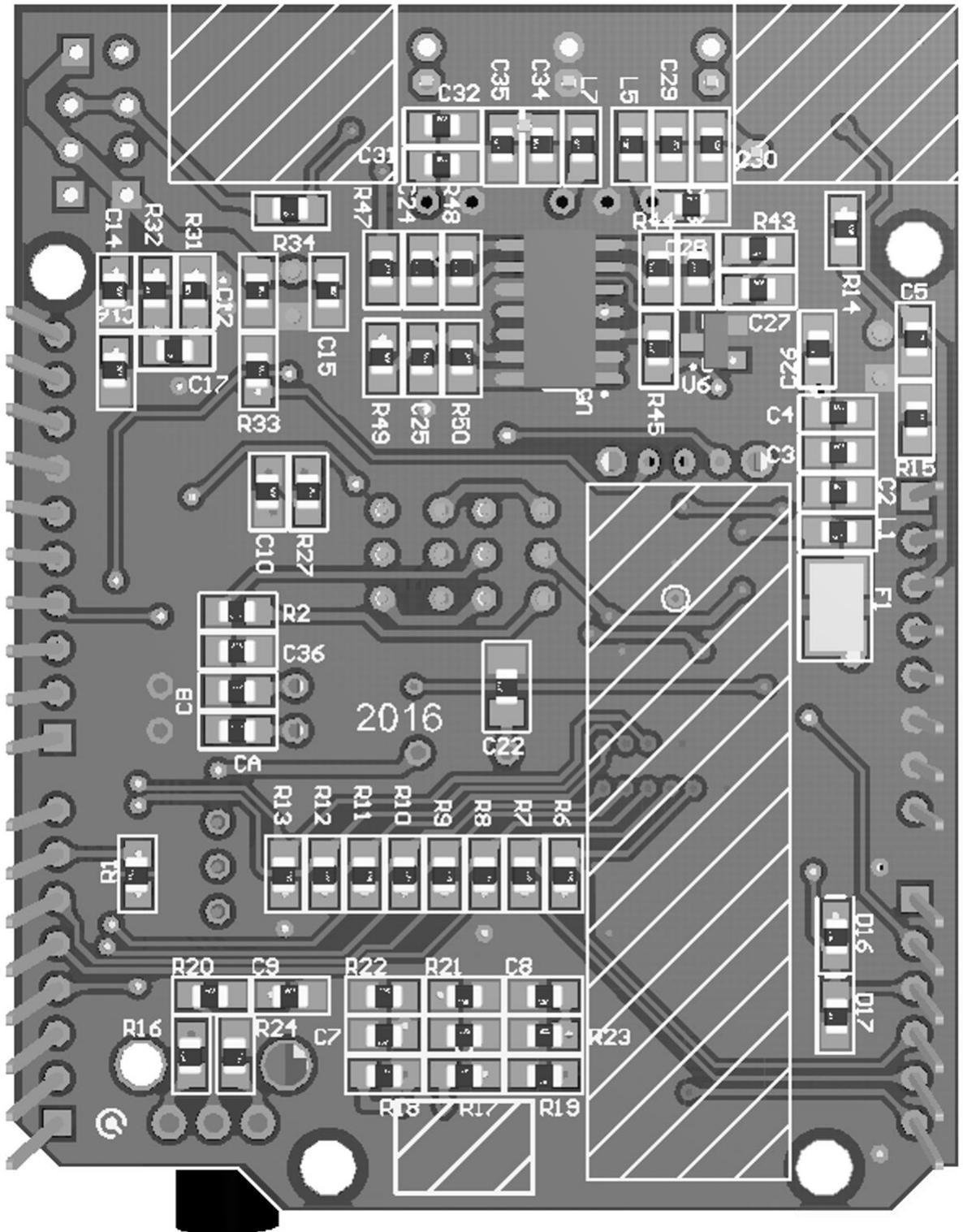


Fig. 26



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201600861

②② Fecha de presentación de la solicitud: 08.10.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G09B23/18** (2006.01)
G09B19/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	CN 104424836 A (ZHENGZHOU XUESHENGBAO ELECTRONIC SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD) 18/03/2015, Recuperado de EPOQUE, Base de datos EPODOC. Resumen y figuras.	1-26
Y	US 4406627 A (US AIR FORCE) 27/09/1983, Columna 4-línea 10, columna 7, línea 25	1-26
A	CN 103646585 A (ZHANG YUFU) 19/03/2014, Recuperado de EPOQUE, Base de datos EPODOC. Resumen y figuras.	1-26
A	US 4091550 A (HONEYWELL INC) 30/05/1978, Columna 3, línea 35- columna 7, línea 11.	1-26
A	WO 2015112103 A1 (DURUKAN COSKUN) 30/07/2015, Página 4, línea 19- página 7, línea 16	1-26

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
28.06.2017

Examinador
L. J. García Aparicio

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G09B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.06.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-26	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 104424836 A (ZHENGZHOU XUESHENGBAO ELECTRONIC SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD)	18.03.2015
D02	US 4406627 A (US AIR FORCE)	27.09.1983
D03	CN 103646585 A (ZHANG YUFU)	19.03.2014
D04	US 4091550 A (HONEYWELL INC)	30.05.1978
D05	WO 2015112103 A1 (DURUKAN COSKUN)	30.07.2015

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D1 se considera representa el estado de la técnica más cercano al objeto de la invención y divulga un dispositivo electrónico educativo de funcionalidad múltiple que comprende medios indicadores digitales, un conversor analógico-digital, un subsistema de interfaz, una resistencia y condensador fijo, sin embargo, dicho subsistema no divulga una memoria o la conexión con dispositivos externos.

En el estado de la técnica se conoce el documento D2 que es un simulador de ondas que cuenta con un microordenador 20, un osciloscopio 21, medidores, luces indicadoras 27, un puerto 28, interruptores 29. Se divulgan elementos adicionales no divulgado en D1, como las memorias, potenciómetros

Si bien se podrían hacer matizaciones sobre la plena coincidencia de los elementos reivindicados en la totalidad de las dos patentes, la mera yuxtaposición de elementos conocidos que producen la funcionalidad para la que están diseñados, y de las que no se deriva ningún efecto técnico sorprendente, no añade actividad inventiva al resultado final obtenido.

Por lo tanto, la materia de la reivindicación 1 carecería de actividad inventiva según lo establecido en el Art 8.1 de la LP11/86.

Las reivindicaciones dependientes 2-26 en principio no parecen contener características que en combinación con las características de los elementos de los que dependen pudieran servir para la redacción de una nueva reivindicación independiente que contara con actividad inventiva, siendo características habituales o evidentes para un técnico en la materia.