

DISPOSITIVO DE ENTRENAMIENTO DE USUARIOS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES EN SISTEMAS EMBEBIDOS

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con el campo técnico de los sistemas y dispositivos de entrenamiento para el desarrollo de aplicaciones en sistemas embebidos, en especial, con dispositivos de entrenamiento que incorporan componentes electrónicos para el entrenamiento relacionado con el desarrollo de aplicaciones en un sistema Raspberry Pi.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el estado de la técnica se encuentran un gran número de sistemas de entrenamiento y validación de circuitos electrónicos que combinan hardware y firmware, usados para realizar tareas académicas e investigativas.

Estos dispositivos conocidos como sistemas empotrados o embebidos son constantemente dañados por el uso incorrecto, la inexperiencia de sus usuarios o por un simple descuido en las conexiones que estos requieren, para ser aplicados en diferentes campos como la domótica, el control industrial, la robótica, entre otros.

Estos daños generan pérdidas económicas y reprocesos en las actividades formativas y/o investigativas.

En principio, los sistemas de entrenamiento usados en la formación de estudiantes en ingenierías como la electrónica, la electricidad y sus diferentes campos de aplicación como la electroneumática, la robótica, la domótica entre otras; han contado con diferentes herramientas que facilitan los procesos de enseñanza y aprendizaje de las diferentes temáticas definidas en los currículos de las instituciones educativas.

Entre las empresas más representativas a nivel mundial que han desarrollado herramientas didácticas para la enseñanza en los campos antes mencionados podemos identificar a FESTO, Lucas Nuelle y Alecop Group. Sin embargo, todas estas empresas han desarrollado sus propios sistemas con tecnología propietaria y no compatible entre ellas.

En los últimos años se vienen acuñando un nuevo concepto de hardware y software libre que ha permitido que los usuarios tengan acceso a tecnología abierta, en donde no solamente pueden descargar los planos o el software de las herramientas

sino también que pueden modificarlas y personalizarlas de acuerdo las necesidades particulares.

Una de las marcas más reconocidas en la actualidad son las herramientas de ARDUINO® y el sistema de desarrollo embebido Raspberry Pi®. Sin embargo, estas plataformas son reconocidas por manejar el concepto de hardware y software abierto por lo que en sus paginas oficiales comparten con la comunidad educativa y de investigación los códigos fuente de sus sistemas y los planos del hardware para que este puede ser modificado y mejorado según la necesidad de los usuarios.

En este contexto, la presente invención está desarrollada a partir de una tarjeta de la marca Raspberry Pi que no es más que una tarjeta electrónica a la que se le puede instalar sistema operativo de Linux y con la que se pueden desarrollar infinidad de aplicaciones en todos los campos, desde proyectos escolares para el control de encendido de una lámpara, hasta proyectos industriales para el control de calidad de productos usando visión artificial.

Alrededor de la herramienta comercial Raspberry Pi, se encuentran en el estado de la técnica diferentes herramientas.

En la literatura de patentes, se observa la “Máquina de aprendizaje Raspberry Pi” (Raspberry Pi learning machine), Patente CN213634955U, proyecto desarrollado por la empresa SHENZHEN ELECROW TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD., inventado por LI ZHIFANG.

A su vez, se observa el “Sistema de formación práctica de enseñanza de Internet de las cosas basado en Raspberry Pi (Internet of Things teaching practical training system based on Raspberry Pi)”, Patente CN210181845U, desarrollado por la empresa GUANGZHOU SENDI COMPUTER SYSTEM CO., LTD., inventado por GUO YANQI.

Otro antecedente lo constituye la “Ayuda didáctica de placa de expansión basada en Raspberry Pi (Expansion board teaching aid based on Raspberry Pi)”, Patente CN214098866U, desarrollada por la empresa ZHEJIANG COOLMAKER EDUCATION TECHNOLOGY CO., LTD., inventado por YU CHANGSHENG y YU KUAI.

Así mismo, se observa el documento “Placa de expansión Raspberry Pi (Raspberry Pi expansion board)”, Patente CN210222665U de la empresa HEBEI ABANTU TECHNOLOGY CO., LTD., inventado por RONG ZHIGANG.

En estas condiciones, los documentos anteriormente referenciados se exponen con el objetivo de evidenciar, con mayor claridad, las mejoras técnicas aportadas por la presente invención mediante la configuración de sus características técnicas estructurales, que permiten solucionar el problema técnico objetivo planteado.

OBJETO DE LA INVENCION.

En un primer objeto, la presente invención revela un dispositivo con una distribución e interconexión de componentes electrónicos, que sirve como interfaz entre dispositivos de entrada y salida y un sistema embebido comercial denominado Raspberry Pi.

El dispositivo de la invención presenta una solución tecnológica, de forma rápida y segura, a la problemática relacionada con el entrenamiento de estudiantes y usuarios en general de sistemas embebidos, que requieren desarrollar diferentes tipos de aplicaciones.

Los objetos anteriormente descritos, al igual que los objetos adicionales a que hubiere lugar, serán expuestos al detalle y con la suficiencia necesaria en el capítulo descriptivo que se divulga a continuación, el cual constituirá el fundamento del capítulo reivindicatorio.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención surge como respuesta a la necesidad de proveer soluciones que mejoren la interacción del usuario con sistemas comerciales embebidos, en especial con el sistema conocido como Raspberry Pi.

La descripción de la realización de la presente invención no pretende limitar su alcance, sino servir como un ejemplo particular de la misma. Se espera que una persona versada en la materia comprenda que las modalidades equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la presente invención en su forma más amplia.

La presente invención revela un dispositivo basado en un minip procesador para el prototipado electrónico que cuenta con un procesador, una memoria RAM, además de múltiples interfaces de comunicación.

En una modalidad de realización de la invención, el procesador es ARM Cortex de 64 bits, y la memoria RAM cuenta, como mínimo, con una capacidad de 1GB y la interfaces de comunicación incluyen WiFi, Bluetooth, Ethernet, entre otros.

El componente hardware del dispositivo de la invención permite el acondicionamiento electrónico con circuitos integrados al sistema embebido, particularmente a una Raspberry Pi, que permite ampliar los puertos disponibles, conectar y controlar periféricos como sensores, motores, válvulas, entre otros, facilitando el uso en aplicaciones de mantenimiento electrónico, instrumentación, automatización industrial, mecatrónica, desarrollo de software de escritorio o de aplicaciones en dispositivos móviles, entre otras aplicaciones.

El dispositivo presenta una tarjeta de adecuación de señales que usa, particularmente, una Raspberry Pi como unidad de procesamiento para integrar, en la modalidad preferida de la invención y bajo un mismo diseño electrónico, 8 canales digitales para conexiones de 0 a 5 Voltios, 8 canales de entradas digitales programables tipo pulsador, 2 canales de entradas análogas de voltaje de 0 a 10 Voltios 2 canales de entradas análogas de corriente de 4 a 20 miliamperios.

Así mismo, el componente electrónico del dispositivo presenta 8 canales de salida digital tipo relé, 8 salidas tipo piloto LED, 2 canales de salidas análogas de voltaje de 0 a 10 voltios con aislamiento eléctrico independiente, 2 canales de salidas análogas de corriente de 0 a 20 miliamperios con aislamiento eléctrico independiente, además de protecciones eléctricas contra sobre tensiones, protecciones por exceso de temperatura.

El dispositivo se encuentra dentro de un encapsulado que permite la portabilidad del mismo, con, al menos, una pantalla táctil a color que permite interactuar con el usuario sin necesidad de periféricos adicionales.

En la modalidad preferida de la invención, el encapsulado es de material plástico.

La invención presenta una serie de tarjetas electrónicas que se interconectan con un sistema embebido, en particular, con el sistema denominado Raspberry Pi para facilitar su uso tanto en ambientes académicos como investigativos, de tal forma que se puedan conectar de forma directa y segura, sensores y actuadores mediante borneras y cables de seguridad, reduciendo las posibilidades de error y posible daño de dicho sistema por corto circuito o sobre corrientes.

El circuito electrónico principal que conforma la invención es una tarjeta electrónica de adecuación de señales de doble cara. En la modalidad preferida de la invención, la tarjeta electrónica cuenta con un área de 277 cm², que se conecta con la Raspberry Pi mediante un conector IDE de 40 pines conocido técnicamente como "Header GPIO". Este conector tiene la mayoría de sus pines como entradas y salidas de propósito general, es decir, que se pueden configurar como entrada o como salida de valores digitales de acuerdo con la necesidad del usuario.

Internamente, la tarjeta electrónica realiza las adecuaciones mediante circuitería electrónica para convertir los valores capturados de los sensores conectados a los canales disponibles, ya sea análogos o digitales, a valores de voltaje que puedan ser leídos y procesados por la Raspberry Pi.

La tarjeta está dividida en varias etapas para fácil identificación, tal como se observa en el diagrama de bloques expuesto en la Figura 3.

Etapas de entradas análogas de voltaje y de corriente.

En la modalidad preferida de la invención, esta entrada se encuentra conformada por 4 canales divididos en 2 canales para voltaje (0 – 10V) y 2 canales para corriente (4 – 20mA), para el uso específico con sensores industriales.

Electrónicamente, el sistema está diseñado para soportar voltajes desde 0 hasta 10V por cada canal de voltaje y la adecuación electrónica para garantizar que las señales que lleguen a los canales de corriente se traduzcan en un voltaje; estos valores son digitalizados y llevados al “header” de la Raspberry Pi. Cuenta también con una alimentación y tierras independientes, además de protecciones para evitar daños por sobre tensión o sobre corriente en otras partes del sistema.

Etapas de entradas digitales.

En la modalidad preferida de la invención, el dispositivo de entrenamiento cuenta con 16 canales de entrada digital, de las cuales 8 son entradas tipo TTL, es decir, que característicamente soportan para su operación voltajes dentro del rango de 1.1 y 5 Voltios, estos canales están protegidos por sobre voltajes en caso de que haya alguna conexión errónea, mediante el uso de conexiones con aislamiento opto acoplado.

Así mismo, posee otras 8 entradas que son generadas mediante pulsadores tipo botón integrados en el panel principal. En esta modalidad los pulsadores funcionan como entradas programables de acuerdo con la decisión del usuario.

Etapas de salidas digitales.

El dispositivo didáctico de entrenamiento, en su modalidad preferida de realización, presenta 8 salidas digitales tipo relé para la implementación externa de actuadores. Las salidas digitales a relevo son una opción muy habitual en automatización, cuando se requiere conmutar desde redes de alimentación a electroválvulas o enviar una señal a cualquier elemento que necesite de un voltaje más alto que el que proporciona en sus salidas un sistema embebido. Por lo anterior, resulta conveniente usar este tipo de elementos, ya que funcionan como un interruptor controlado. Cada salida soporta un máximo de 1A@24V en DC o 0.3A@125V en AC.

Etapas de Salidas análogas de voltaje y de corriente.

El dispositivo de entrenamiento está equipado con dos canales de salida de voltaje análogos de 0 a 10V, para la simulación de sensores industriales.

Electrónicamente está compuesto por una circuitería que convierte una señal digital generada a partir de una acción en pantalla en donde se hace una variación desde 0 hasta 10V para luego convertirla en una señal análoga por medio de un conversor digital análogo; a dicha señal se le realiza luego una adecuación, produciendo los
 5 niveles de tensión de salida de 0 a 10V con una corriente típica de 20mA que se usarán en cada canal.

De forma similar sucede con las salidas análogas de corriente, ya que el dispositivo cuenta con dos canales de salida de corriente variable desde 4 hasta 20mA, para la simulación de sensores industriales.

10 Esto se logra con circuitos integrados que funcionan como un transmisor de corriente de 4 a 20mA en cada uno de los canales de salida; para ello, el sistema cuenta con tierras flotantes para una correcta medición de la señal.

Etapas de protección por temperatura.

El dispositivo cuenta también con una etapa de control que protege el sistema
 15 mediante un mecanismo de ventilación forzada que activa un extractor de aire a temperaturas iguales o superiores a los 39° C, con el fin de evitar daños en los componentes electrónicos por exceso de temperatura.

Los ejemplos que se describen a continuación son presentados con el objetivo de describir los aspectos preferidos de la invención, una modalidad de realización del
 20 dispositivo y la solución técnica lograda por este. En todo caso, la exposición de los siguientes ejemplos no constituyen una limitación al alcance de la invención.

El dispositivo de la invención presenta una placa de expansión para Raspberry Pi que incluye un circuito de alimentación independiente para la Raspberry, un circuito de alimentación independiente para la pantalla, un circuito de alimentación
 25 independiente para las otras etapas de la placa, un circuito de expansión de puertos, un circuito para las entradas digitales, un circuito para las entradas análogas (en la modalidad preferida de la invención de 0 – 10V), un circuito para las entradas análogas (en la modalidad preferida de la invención de 4 – 20mA), un circuito para las entradas digitales tipo pulsador, un circuito para las salidas digitales tipo piloto,
 30 un circuito para las salidas digitales a relevo, un circuito para las salidas análogas (en la modalidad preferida de la invención de 0 – 10 V), un circuito las salidas análogas (en la modalidad preferida de la invención de 4 – 20mA).

El dispositivo comprende, además, un circuito de interfaz con la Raspberry Pi y un circuito de protección por temperatura para la placa.

35 Para lograr la resolución del problema técnico objetivo planteado, el dispositivo de la invención adapta una tarjeta de circuito impreso principal, donde en dicha tarjeta de circuito impreso principal se encuentran embebidos los circuitos anteriormente

descritos. La tarjeta de circuito impreso principal presenta, además, la conexión de placas secundarias que contienen las entradas y salidas digitales y análogas de interfaz con el usuario. En la modalidad preferida de la invención, el dispositivo presenta tres placas secundarias.

5 En la modalidad preferida de la invención, la tarjeta de circuito impreso principal se conecta al puerto GPIO de la Raspberry Pi mediante un conector IDE.

En la modalidad particularmente preferida de la invención, el conector IDE es de 40 pines.

10 En la modalidad preferida de la invención, sobre dos de las placas secundarias se encuentran adaptadas borneras de seguridad IEC 61010 – 031 categoría III, que son conectores de tipo industrial para conexión de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorios, ya que cumplen con todos los requisitos de seguridad y de voltaje exigidos por el estándar IEC requeridos en este tipo de elementos.

15 Las borneras de seguridad permiten la conexión con sensores industriales u otro tipo de dispositivo compatible.

La tercera placa o tarjeta secundaria tiene la interfaz que acoge los pilotos LED y los pulsadores tipo botón del sistema. Todas las tarjetas secundarias se conectan a la tarjeta principal mediante conectores de cinta plana.

20 En la Tabla 1 se muestra el listado de los elementos técnicos estructurales del dispositivo de la presente invención, cuya ubicación puede observarse en la Figura 2.

Numeral	Descripción
1	Tierra del sistema
2	Alimentación 5V para periféricos
3	Entradas digitales
4	Tierra del sistema
5	Entradas análogas de voltaje de 0 – 10V
6	Entradas análogas de corriente de 4 – 20mA
7	Pantalla táctil 7 pulgadas
8	Pulsadores tipo botón

9	Pilotos LED
10	Tierra flotante 2 - salida análoga de corriente 4 – 20mA
11	Tierra flotante 1 - salida análoga de corriente 4 – 20mA
12	Salidas análogas de corriente 4 – 20mA
13	Tierra flotante 2 - salida análoga de voltaje 0 – 10V
14	Tierra flotante 1 - salida análoga de corriente 0 – 10V
15	Salidas análogas de voltaje de 0 – 10V
16	Tierra flotante salidas digitales
17	Salidas digitales
18	Puerto serial RS232
19	Puerto Ethernet
20	Puertos USB
21	Toma de aire sistema de control de temperatura
22	Conector de entrada filtrada del sistema
23	Extractor de aire caliente del sistema

Tabla 1. Listado de los elementos técnicos estructurales del dispositivo.

Las Figuras 4 y 5 complementan la muestra de la localización de las partes principales del dispositivo en la tarjeta principal.

Entradas digitales. (3).

El dispositivo, en la modalidad de realización particular objeto de divulgación, presenta 16 canales de entrada digital, de las cuales 8 son entradas tipo TTL (DI7 – DI0) y las otras 8 entradas son generadas por pulsador (S7 – S0).

Dentro del contexto de la presente invención, el término “entradas tipo TTL” hace referencia a que la etapa internamente está compuesta por circuitos integrados que característicamente soportan para su operación voltajes dentro del rango de los 5V, es decir, que según las especificaciones para voltajes de entrada por debajo de 1.1V, correspondería a un 0 lógico que no activaría la entrada y para voltajes de entrada desde 1.8V hasta el voltaje de alimentación se reconocería como un 1 lógico activando dicho canal.

En la Tabla 2 que se muestra a continuación, se observan los valores máximos y mínimos que se pueden aplicar en las entradas digitales.

Ítem	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Voltaje de estado lógico bajo	0.0		1.1	V
Voltaje de estado lógico alto	1.8	3.3	9.0	V
Corriente de entrada máxima		10	27	mA

Tabla 2. Características de entrada digital por canal

Salidas digitales. (17).

En la modalidad de realización particular objeto de divulgación, el dispositivo tiene 8 salidas digitales tipo relé para la implementación externa de actuadores.

Teniendo en cuenta lo anterior, el dispositivo presenta este tipo de salidas ya que funcionan como un interruptor controlado. Cada salida soporta un máximo de 1A a 24V en DC o 0.3A a 125V en AC.

En la Tabla 3 se visualizan los valores de carga máxima y mínima que se pueden aplicar en las salidas digitales.

Ítem	Carga
------	-------

Carga nominal	0.3A @ 125VAC
	1A @ 24VDC
Voltaje máximo de operación	125VAC, 60VDC
Corriente máxima de operación	1A
Resistencia del contacto	100mΩ (máx.)

Tabla 3. Características de salida digital por canal.

Entradas análogas de tensión 0 ~ 10V. (5).

- 5
- El dispositivo presenta dos canales de entrada de voltaje análogo de 0 a 10V. Electrónicamente, el dispositivo está diseñado para soportar voltajes desde 0 hasta 10V por cada canal, los cuales a través de una adecuación de la señal de entrada, permite que al circuito receptor lleguen solamente 2,48V cuando se aplican los 10V.

10

Como el circuito integrado soporta un máximo de 5V, estos solo se alcanzarían si se aplica un voltaje máximo de entrada de 20V por canal, lo que lo lleva a estar por fuera del rango.

Para evitar este tipo de inconvenientes con voltajes excesivos, la entrada está protegida con diodos Zener, que funcionan como limitadores de voltaje regulando la tensión que se aplique en las entradas.

- 15
- En la Tabla 4 se observan los valores máximos y mínimos soportados en cada canal de entrada análoga de tensión.

Ítem	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Voltaje de entrada	0	10	20	V
Desempeño especificado			10	V
Offset del voltaje de entrada			75	µV

Tabla 4. Características de entrada análoga de tensión por canal.

Entradas análogas de corriente 4 ~ 20mA. (6).

El dispositivo de uso didáctico de la presente invención cuenta con dos canales de entrada de señales de corriente analógica de 4 a 20mA.

Electrónicamente, el dispositivo está diseñado para soportar corrientes análogas de 4 hasta 20mA por cada canal.

Internamente, por medio de una adecuación de la señal, son convertidos en señales de voltaje que luego serán llevadas al conversor análogo digital. Esos voltajes son normalizados para que cuando se reciban 4mA, en el canal de entrada al circuito integrado interno le lleguen 0.04V; lo mismo sucede para cuando se aplica 20mA a la entrada del canal donde al circuito integrado le estarán llegando 2V.

Al igual que las entradas analógicas de voltaje, cada canal de corriente está protegido contra sobre tensiones que puedan afectar el dispositivo.

En la Tabla 5 se visualizan los valores máximos y mínimos que se pueden aplicar en cada canal de entrada análoga de corriente.

Ítem	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Corriente de entrada	0		50	mA
Desempeño especificado	4		20	mA
Voltaje de entrada			5	V

Tabla 5. Características de entrada análoga de corriente por canal.

Salidas análogas de tensión 0 ~ 10V. (15).

El dispositivo de uso didáctico de la invención presenta dos canales de salida de voltaje análogo de 0 a 10V, para la simulación de sensores industriales.

Electrónicamente, está compuesto por una circuitería que convierte una señal digital generada a partir de una acción en pantalla, en donde se hace una variación desde 0 hasta 10V para luego convertirla en una señal análoga por medio de un conversor digital análogo. A dicha señal se le realiza luego una adecuación, produciendo los niveles de tensión de salida de 0 a 10V, con una corriente típica de 20mA que se usarán en cada canal.

Como los otros canales, también posee una protección mediante un regulador aislado cuyo voltaje máximo permitido es de 0.6V.

En la Tabla 6 se observan los valores máximos y mínimos que se pueden aplicar en las salidas análogas de tensión por canal.

Ítem	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Voltaje de salida	0.2		10	V
Desempeño especificado	0.2		10	V
Protección de sobretensión		12		V
Corriente de salida			60	mA

5

Tabla 6. Características de salida análoga de tensión por canal.

Salidas análogas de corriente 4 ~ 20mA. (12).

El dispositivo cuenta con dos canales de salida de corriente variable desde 4 hasta 20mA, para la simulación de sensores industriales. Esto se logra con un circuito integrado que funciona como un transmisor de corriente de 4 a 20mA por cada canal de salida. Para ello, cada canal debe ser referido a su propia tierra flotante para una correcta medición.

La Tabla 7 describe las especificaciones técnicas de la salida ofrecidas por el fabricante la cual indica cuales deben ser los valores máximos que soporta cada canal de salida.

Ítem	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Corriente	0		23	mA
Desempeño especificado	4		20	mA
Impedancia de salida	40	50		MΩ
Error de canal estado apagado		10	20	μA

Tabla 7. Características de salida análoga de corriente por canal

El dispositivo de uso didáctico y de entrenamiento de la invención facilita el aprendizaje de un usuario inexperto que pretenda desarrollar aplicaciones electrónicas con sistemas embebidos, en especial, el sistema Raspberry Pi, dado que permite conectar periféricos de forma segura, usando cableado y conectores rápidos adaptados a diferentes campos de aplicación.

En estas condiciones, el dispositivo de la invención, de forma compacta, presenta la electrónica mínima necesaria para el desarrollo de las pretendidas aplicaciones a partir del sistema Raspberry Pi, donde el usuario no debe tener conocimientos técnicos especializados previos para poder poner en marcha una aplicación que deba correr en dicho sistema embebido.

Se detalla a continuación la forma de funcionamiento para un ejemplo de realización del dispositivo para entrenamiento a usuarios en sistemas embebidos:

1. Energizar el dispositivo con 110V AC
2. Encender el dispositivo por medio del Interruptor de encendido.
3. El dispositivo cuenta con un sistema operativo preinstalado y con aplicaciones para realizar primeras pruebas que requieran pantalla, interruptores como entrada de comandos e indicadores led como señales de salida a los usuarios de la aplicación a desarrollar.
4. A partir de este momento, se activa la pantalla Táctil, 8 interruptores y 8 indicadores Led disponibles para el desarrollo de las primeras aplicaciones.
5. Una vez iniciado el sistema operativo de la herramienta de entrenamiento, el usuario puede usar la pantalla táctil para navegar por las diferentes herramientas software preinstaladas en el dispositivo.
6. El dispositivo puede tener conexión a Internet. Para ello, puede hacer uso de una red Wifi disponible o de un punto de red cableado.
7. Para mayor comunidad de navegación e interacción con el dispositivo, el usuario también puede conectar periféricos, tales como teclado y un mouse, usando los puertos disponibles en el chasis del dispositivo de entrenamiento.
8. Si el usuario requiere de la conexión de periféricos de entrada como sensores, o salida como por ejemplo un motor o una válvula, u otro elemento, el dispositivo cuenta con entradas y salidas digitales y entradas y salidas análogas, disponibles en borneras de seguridad que protegen de una mala conexión por parte del usuario. Estos conectores se encuentran identificados en el chasis del dispositivo e identificados con colores para minimizar errores.

9. Las aplicaciones de usuario pueden ser desarrollados en diferentes plataformas y lenguajes como son C, Java, Python entre otras que se encuentren preinstaladas en el dispositivo.

5 Para un mejor entendimiento de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva un capítulo de Figuras, las cuales, se describen a continuación:

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

Figura 1. Muestra una realización del dispositivo de la invención.

10 Figura 2. Componentes del dispositivo de la invención.

Figura 3. Diagrama de bloques.

Figura 4. Muestra una vista de la cara superior de la tarjeta principal.

Figura 5. Muestra una vista de la cara inferior de la tarjeta principal.

Figura 6. Ejemplo de conexión entre tarjeta principal y tarjetas secundarias

15 Figura 7. A) Sistema Raspberry Pi como se encuentra disponible en mercado. B) Dispositivo de la invención con toda la infraestructura necesaria para realizar aplicaciones por usuarios inexpertos.

Figura 8. Muestra una imagen fotográfica de una realización final del dispositivo.

20 Figura 9. Muestra una imagen fotográfica de una modalidad de panel frontal del dispositivo de entrenamiento.

Aunque la presente invención ha quedado descrita con las realizaciones preferentes mostradas, queda entendido que las modificaciones y variaciones que conserven el espíritu y el alcance de esta invención se entienden dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

5

10

15

20

25

5

10

15