



TÍTULO DE PATENTE NO. 343513

Titular(es): UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Domicilio: Lascurain de Retana No. 5, Colonia Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO

Denominación: SISTEMA PARA LA DETECCIÓN Y REPRODUCCIÓN DEL MOVIMIENTO DE LOS DEDOS DE LA MANO BASADO EN FIBRA ÓPTICA.

Clasificación: Int.CI.8: B25J13/08; G01D5/26

Inventor(es): JULIAN MOISES ESTUDILLO AYALA; MARIO ALBERTO IBARRA MANZANO; JESÚS NORBERTO GUERRERO TAVARES; FRANCISCO JAVIER MENDOZA GALINDO; CARLOS ANDRÉS PEREZ RAMIREZ

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
MX/a/2012/012666	30 de octubre de 2012	15:01

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:
--------------	---------------	----------------

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 30 de octubre de 2032

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

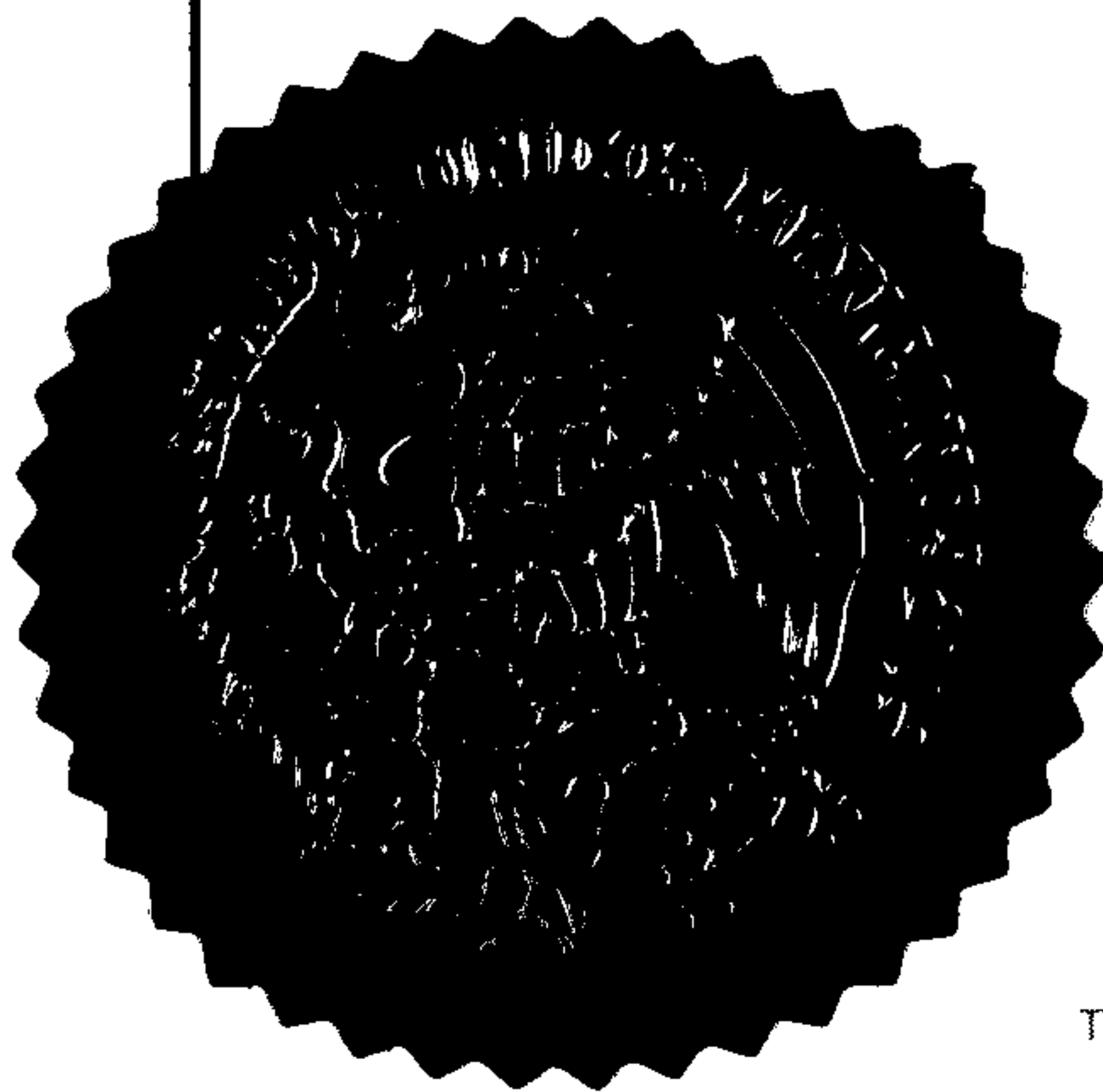
De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2006, 25/01/2006, 06/05/2009, 06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 10 de octubre de 2016

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES

NAHANNY CANAL REYES



SISTEMA PARA LA DETECCIÓN Y REPRODUCCIÓN DEL MOVIMIENTO DE
LOS DEDOS DE LA MANO BASADO EN FIBRA ÓPTICA



DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

5 La invención comprende un sistema opto electrónico que ha sido concebido con la finalidad de detectar y reproducir los movimientos de los dedos de la mano realizando el procesamiento de la señal en tiempo real usando sensores fabricados con fibra óptica. El objeto de la invención tiene como fin ofrecer un método alternativo para el tratamiento de señales biológicas propias del ser humano mediante el uso de sensores ópticos, los cuales
10 poseen una alta sensibilidad, característica que permite hacer uso de las fibras ópticas como un sensor de bajo costo. Una aplicación directa de la invención se encuentra en el campo de la medicina y bioingeniería para el desarrollo o mejoramiento de prótesis.

ANTECEDENTES

15 En la actualidad, la bioingeniería utiliza sensores especiales de alta sensibilidad conocidos como sensores biomédicos con la finalidad de medir diversas señales fisiológicas. Por lo general, los sensores utilizados para las mediciones de señales biológicas tienen un costo elevado debido a las características que deben poseer, como alta sensibilidad, rápido tiempo de respuesta, resolución, reproducibilidad, entre otras. El costo elevado de los sensores
20 muchas veces resulta en una limitante para el desarrollo tecnológico. Por consiguiente, los sensores basados en fibra óptica pueden jugar un papel importante, debido a que por su alta

sensibilidad se convierten en una plataforma ideal para poder detectar, por ejemplo, el movimiento de los músculos circundantes a alguna extremidad y de esta manera realizar el movimiento que el usuario desea.

5 La investigación previa demuestra que la fibra óptica es empleada como sensor para detectar cambios en la posición de objetos, tales como los que son objeto de esta invención, los dedos de la mano. En la patente número 4,972,074 otorgada por el gobierno de los Estados Unidos de América, se reivindica el uso de sensores basados en fibra óptica como un sistema de detección de movimiento. Este sistema emplea como elemento sensor

10 *microdeformaciones* en la fibra óptica con el objeto de provocar cambios en la intensidad de la luz que permite propagarse a través de la fibra óptica. El sistema propuesto utiliza rejillas fibra de periodo largo (LPFG, por sus siglas en inglés) fabricadas por medio de una empalmadora de fibra de arco eléctrico. Las LPFG funcionan como filtros selectivos en longitud de onda y son el elemento sensor del sistema. El método de fabricación de las

15 rejillas es simple y económico en comparación con algunos otros métodos de fabricación de LPFG [1].

Alexandre Ferreira et al. [2] propone un sensor basado en fibra óptica empleando rejillas de Bragg (FBG, por sus siglas en inglés) como elemento sensor. Estas rejillas realizan el sensado modificando las propiedades *reflectivas* de la propias rejillas. Una desventaja de

20 este tipo de rejillas consiste en su complejidad de fabricación, así como su alto costo debido a que se emplean fibras ópticas especiales sensibles a luz ultravioleta (UV). Otro de los inconvenientes de las FBG es que para temperaturas superiores a los 300°C pierden sus

propiedades de reflexión por lo que el dispositivo no funciona adecuadamente. En cambio, las LPFG mantienen sus propiedades a temperaturas mayores a 1000°C [2].

BIBLIOGRAFÍA

- 5 [1] J.M. Estudillo-Ayala; R. Mata-Chávez; J.C. Hernández-García; R. Rojas-Laguna. “Long period fiber grating produced by arc discharge” in *Fiber Optic Sensors*. Moh. Yasin, S. Harun and H. Arof, Ed. Ridieka, Croatia:InTech, pp. 295-316, 2012.
- [2] A. F. da 5 Silva; A. F. Goncalves; P.M. Mendes; J.H. Correia. “FBG sensing glove for monitoring hand posture”, in *IEEE SENSORS JOURNAL 11*, pp. 2442-2448, 2011.
- 10 [3] G. Rego; P.V.S. Márquez; J.L. Santos; H.M. Salgado. “Arc-induced long-period gratings”, in *Fiber and Integrated Optics*. 24 pp. 245-249, 2005.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los dibujos que se anexan pretenden brindar una mejor comprensión de la invención.

15 Juntos permiten explicar el principio de la invención.

La figura 1 muestra el flujo de datos del sistema creado.

La figura 2 muestra la vista esquemática del sistema óptico diseñado para la invención.

La figura 3 ilustra el diagrama a bloques del sistema diseñado para acondicionar la señal proveniente del sistema óptico inventado.

20 La figura 4 ilustra el proceso seguido para realizar el procesamiento de la señal acondicionada.

La figura 5 ilustra el proceso seguido para realizar el movimiento de los dedos artificiales.

La figura 6 ilustra el circuito empleado para realizar la conversión de corriente a voltaje, 600 señal para el amplificador de voltaje.

La figura 7 ilustra el circuito empleado para realizar la amplificación del voltaje proveniente del circuito de la figura 6, 601 Señal del amplificador de voltaje.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a las figuras mencionadas en la sección anterior con el propósito de detallar su funcionamiento. Debe entenderse que pueden realizarse cambios sin comprometer la funcionalidad del sistema diseñado.

10 En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del sistema diseñado. Está compuesto de 4 etapas: el sistema óptico (11), el acondicionamiento de la señal (12), la unidad de procesamiento y control (13) y la prótesis (14).

En la figura 2 el sistema opto electrónico descrito en la presente invención consta de una fuente de amplio espectro con un ancho espectral de aproximadamente 300 nm (1). La
15 fuente de luz de amplio espectro se conecta a un sistema de tres acopladores 50/50 (2) para obtener cuatro salidas que estarán conectadas a las 4 rejillas de periodo largo que servirán como sensores de los movimientos de los dedos. El sensor (3) tiene una longitud menor a 2 centímetros. La habilitación de la fibra óptica como sensor se logró gracias a la impresión de LPFG empleando una empalmadora de fibra óptica de arco eléctrico, lo que produce un
20 cambio en la longitud de onda en el pico de atenuación en la LPFG, haciendo posible que el espectro de luz se altere en proporción a la curvatura que se aplique en la área de sensado. Cada extremo de las fibras sensoras es acoplado a los fotodetectores (4) de amplio espectro.

Éstos realizan la conversión de energía lumínica transmitida a una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de luz captada.

En la figura 3 se muestra la etapa de acondicionamiento de la señal (31). Esta etapa tiene como entrada la señal generada por 4 de la figura 2. Esta etapa consta de un convertidor de corriente a voltaje (311). Las características que tiene el convertidor son una muy alta inmunidad al ruido y debe tener muy bajas pérdidas de corriente, pues la corriente generada por 4 es muy pequeña. Esta función se realiza usando un amplificador de transimpedancia y se muestra en la figura 6. De 311 se conecta a una etapa de 35 amplificación (312) para elevar el voltaje generado con el fin de trabajar con éste en la siguiente etapa. Esta amplificación consiste en emplear un amplificador de voltaje cuyo circuito se muestra en la figura 7, con el objetivo de realizar un escalamiento en el voltaje generado por 311 para manejar niveles apropiados de voltaje y así detectar de mejor manera las variaciones en el voltaje.

En la figura 4 se describe la unidad de procesamiento de la señal (41) generada por 31. Este módulo tiene por entrada la salida de 31. La señal se adquiere usando una tarjeta de adquisición de datos de alta velocidad con el fin de realizar el procesamiento de datos en tiempo real. La resolución de la tarjeta depende de la siguiente fórmula

$$Resolución = LSB = \frac{1}{2^n}$$

20

Donde n representa el número de bits del convertidor. Por consiguiente, si el número de bits aumenta, un cambio menor en el voltaje se puede detectar. Una vez que se adquirió la señal en 411, se procede a filtrarla con el fin de eliminar la mayor cantidad de ruido inducido

posible (412). Este filtrado se realiza empleando un filtro estimador. La ecuación para dicho filtro se enuncia en la siguiente línea

$$x(N+1) = x(N) + \frac{1}{N+1} (z(N+1) - x(N))$$

Lo anteriormente descrito se realiza en (412)

- 5 La figura 4 describe el proceso empleado para realizar el control de la prótesis (51). La entrada de esta etapa está dada por (41). En esta etapa se evalúa la señal recibida en 511, empleando la técnica denominada mezcla de Gaussianas. Esta técnica consiste en modelar, empleando una función gaussiana, los datos filtrados para cada posición. Por consiguiente, al hablar de mezcla, debe entenderse como la combinación de las funciones gaussianas
- 10 generadas para cada posición que se desea detectar. Posteriormente se generan las señales necesarias para reproducir el movimiento sentido.

Es de mencionar que las etapas descritas en las figuras 3 a 5 deben realizarse en una tecnología que permita el procesamiento en tiempo real tal como los DSP (Procesadores Digitales de Señales), ASIC (Circuitos Integrados de Aplicación Específica) o FPGA

15 (Arreglos de compuerta programables).

EJEMPLOS

La aplicación del sistema diseñado se enfoca claramente en el diseño y construcción de prótesis. Este sistema consta del arreglo mostrado en la figura 2, cambiando ciertos elementos.

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito lo suficiente la invención, reclamo como de mi propiedad lo contenido en las siguientes cláusulas:

- 5 1. El sistema de detección y reproducción del movimiento de los dedos de la mano basado en fibra óptica que comprende de: fuente de Luz de amplio espectro, 3 acopladores, 4 rejillas de fibra de periodo largo (LPFG), caracterizado por que la fuente de luz de amplio espectro de 300 nm (1) que alimenta a las LPFG, utilizado un sistema de 3 acopladores 50/50 (2), la entrada del primer acoplador se une a la
- 10 fuente de amplio espectro obteniendo dos salidas, enseguida de las dos salidas se unen las entradas de los dos acopladores 50/50 restantes obteniendo cuatro salidas de señal de la fuente de amplio espectro, para cada una de las salidas de los acopladores se acopla una LPFG que servirá para la detección del movimiento de cada uno de los 4 dedos. A fin de generar la señal individual de luz que pasará por
- 15 cada LPFG (3), para cada movimiento individual de los dedos produce un cambio en la longitud de onda en el pico de atenuación de la LPFG que éste en movimiento individual o simultaneo de los cuatro dedos, haciendo posible que el espectro de luz se altere en proporción a la curvatura que se aplique en el área de sensado de cada
- 20 dedo de la mano. La señal detectada por el movimiento de cada uno de los dedos es detectada por un fotodetector que realiza la conversión de energía lumínica transmitida a una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de luz captada y por medio de un convertidor de corriente a voltaje se obtiene una señal de voltaje proporcional al movimiento de cada uno de los dedos. La etapa de

5 acondicionamiento de la señal (31) tiene como entrada la señal generada por cada
uno de los 4 dedos al movimiento de la mano a través de la señal proporcionada a la
salida de cada LPFG y al fotodetector correspondiente utilizando un convertidor de
corriente a voltaje (311). Las características que tiene el convertidor son de alta
10 inmunidad al ruido y debe tener muy bajas pérdidas de corriente, pues la corriente
generada por los cuatro es pequeña. De 311 se conecta a una etapa de 35
amplificación (312) para elevar el voltaje generado con el fin de trabajar con éste en
la siguiente etapa. En el fotodetector es convertida a voltaje y filtrada utilizando un
sistema de acondicionamiento de señal, que utiliza un amplificador operacional en
15 configuración de transimpedancia. Dado que esta señal tiene aún una magnitud muy
pequeña, una etapa de amplificación, utilizando un amplificador operacional de
instrumentación es utilizado. La señal es adquirida por la unidad de control que
consta de un controlador en tiempo real y un chip de arreglo de compuertas
programable, que ejecuta el método de estimación de la posición del dedo, así como
la generación de las señales requeridas en la prótesis para la reproducción del
movimiento sensado.

RESUMEN

Se describe un sistema opto electrónico que es capaz de detectar y reproducir los movimientos de los dedos de una mano realizando el procesamiento de la señal en tiempo real usando sensores fabricados con fibra óptica mediante la técnica de impresión de rejillas de periodo largo (LPFG) usando una empalmadora de fibra óptica de arco eléctrico. El sistema está compuesto de una fuente de amplio espectro con un ancho espectral de aproximadamente 300 nm. La fuente de luz de amplio espectro se conecta a un sistema de tres acopladores 50/50 para obtener cuatro salidas que están conectadas a las 4 sensores de los movimientos de los dedos. El sensor tiene una longitud menor a 2 centímetros. Cada extremo de las fibras sensoras es acoplado a los fotodetectores de amplio espectro. Éstos realizan la conversión de energía lumínica transmitida a una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de luz captada. Después de la conversión luz-corriente, la señal es acondicionada mediante un circuito especialmente diseñado para la aplicación; la diferencia de voltaje producida por el acondicionamiento es capturada por una tarjeta de adquisición de alta velocidad, conectada a una unidad de procesamiento y control en tiempo real. En esta unidad son realizados los procesos necesarios para filtrar, procesar y generar las señales necesarias para reproducir los movimientos detectados.



1/7

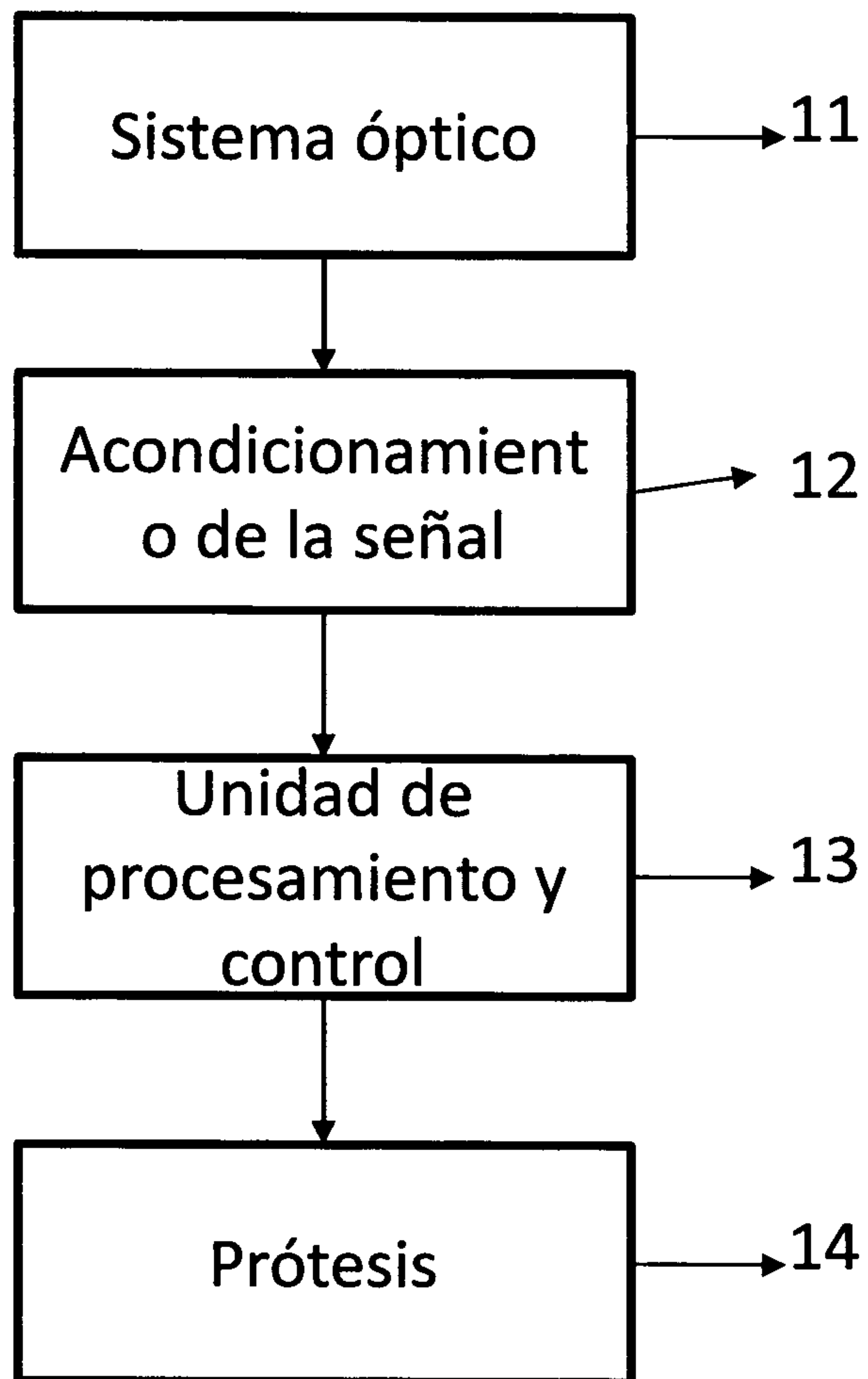


Figura 1

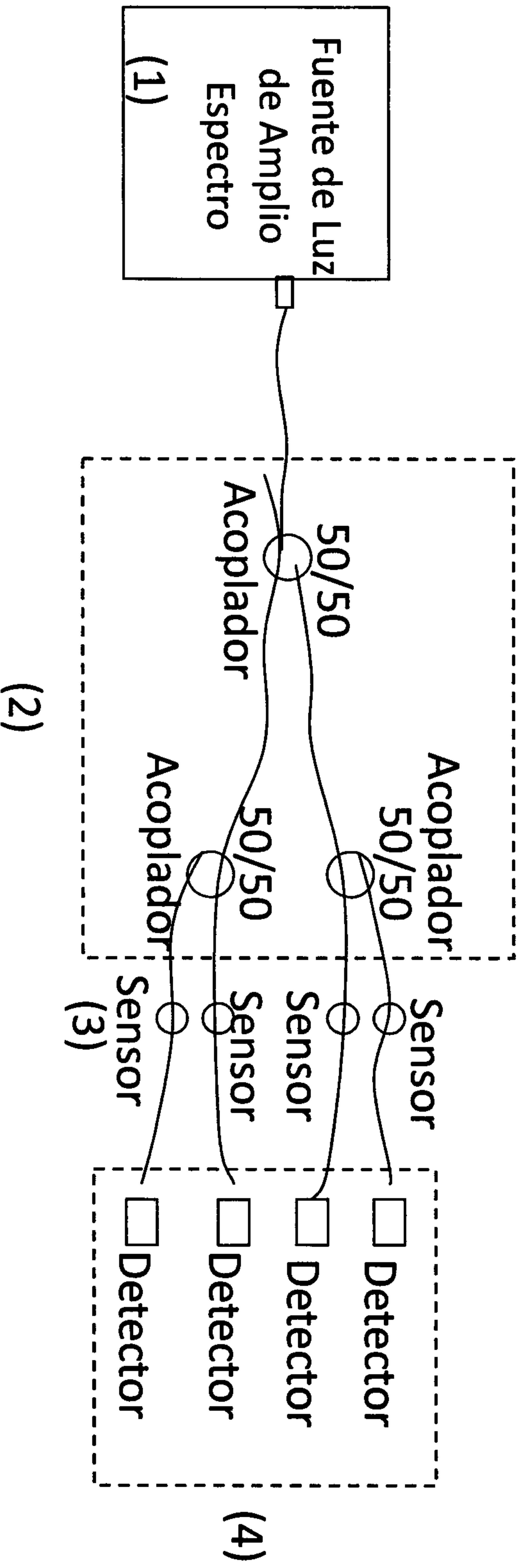


Figura 2

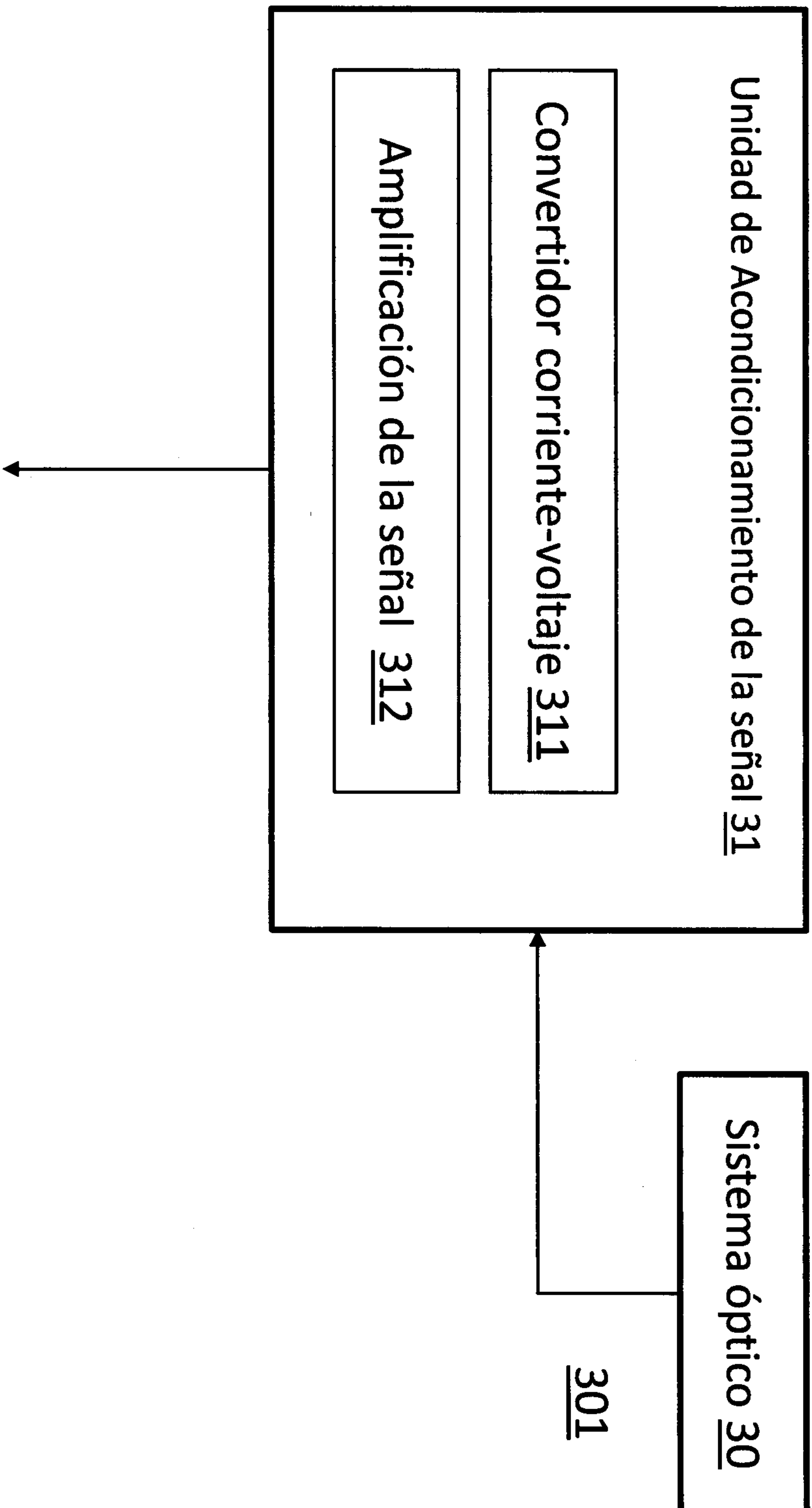


Figura 3

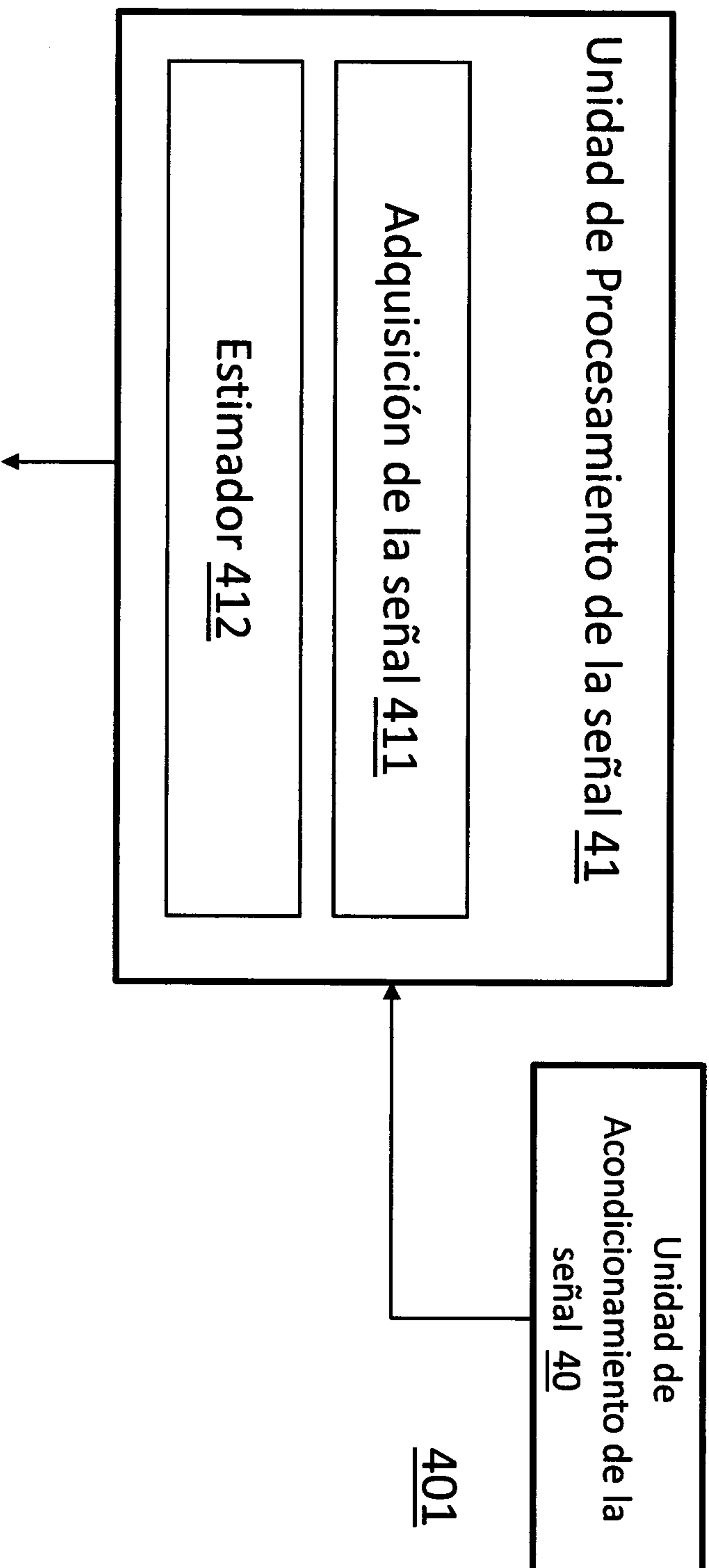


Figura 4

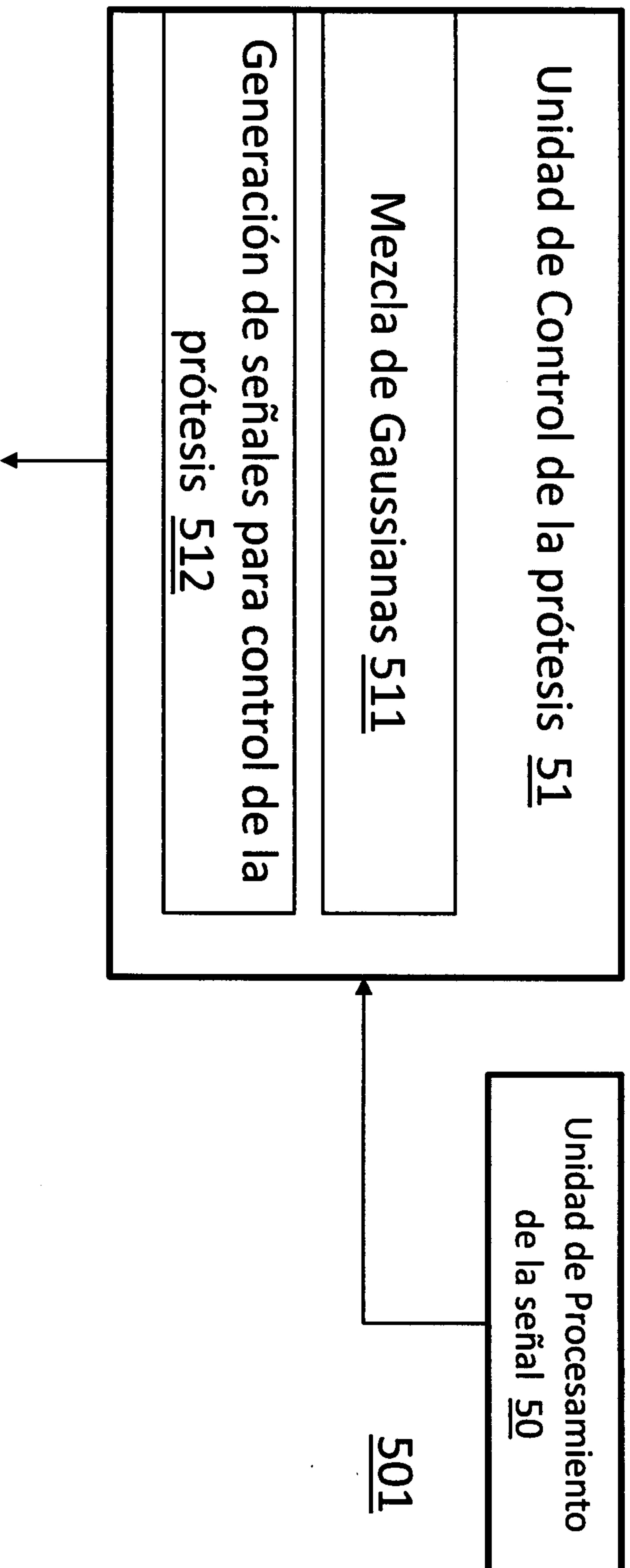
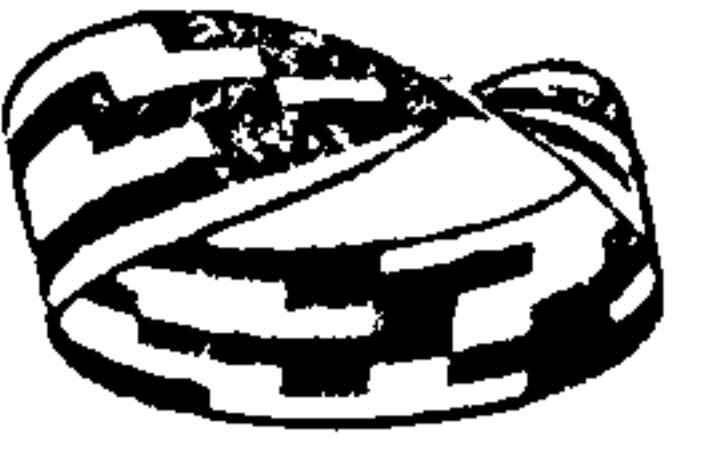


Figura 5

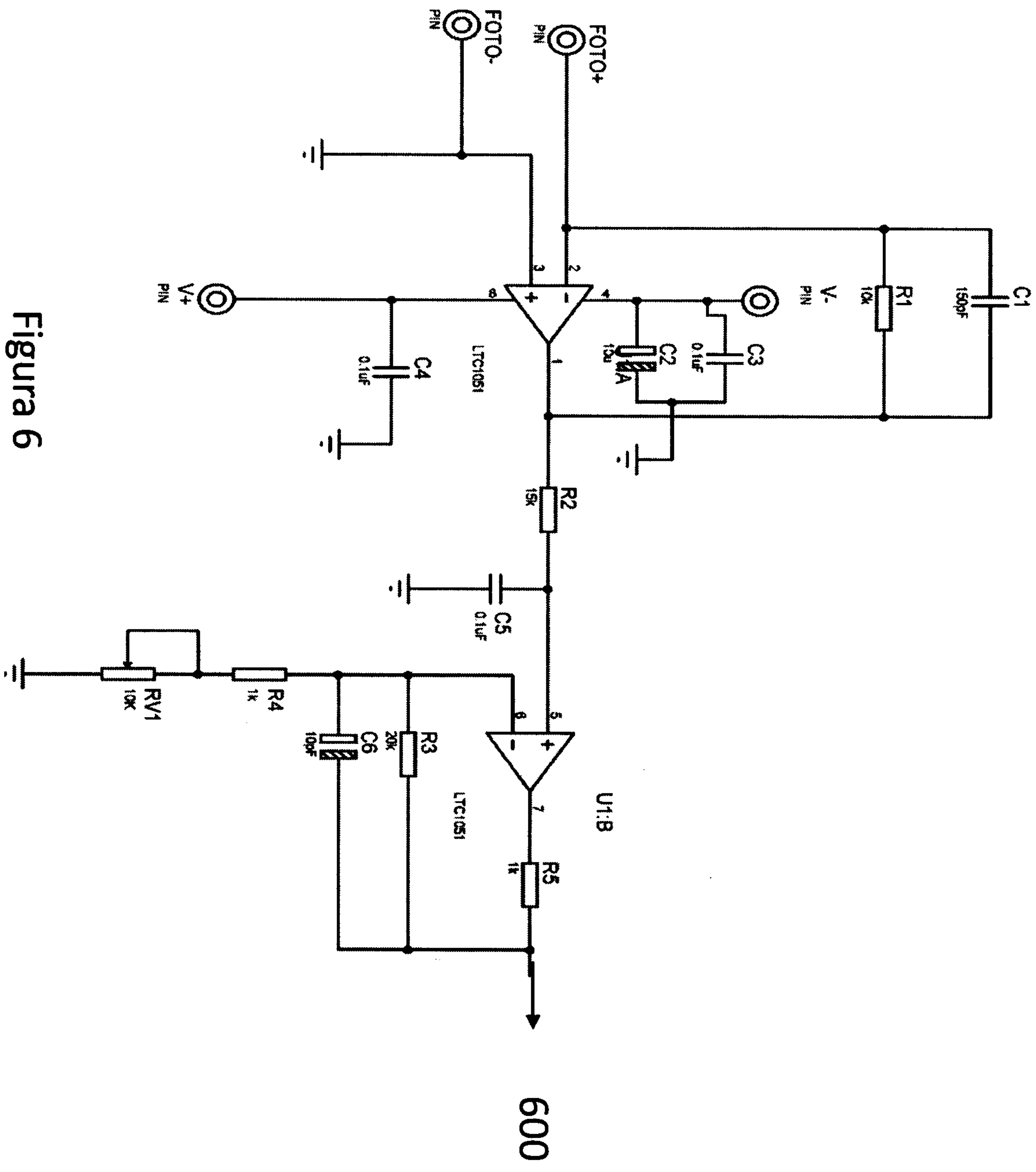


Figura 6

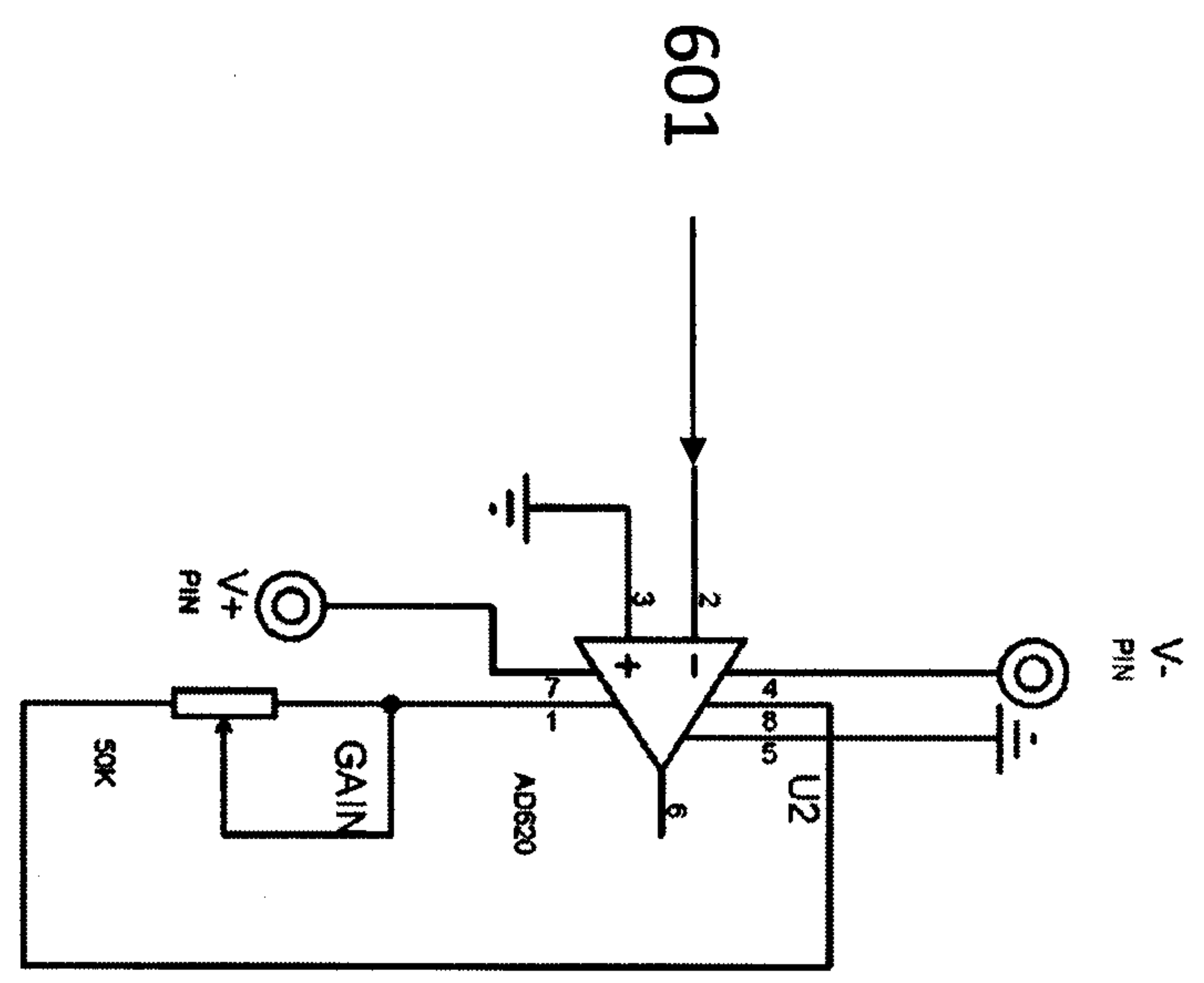
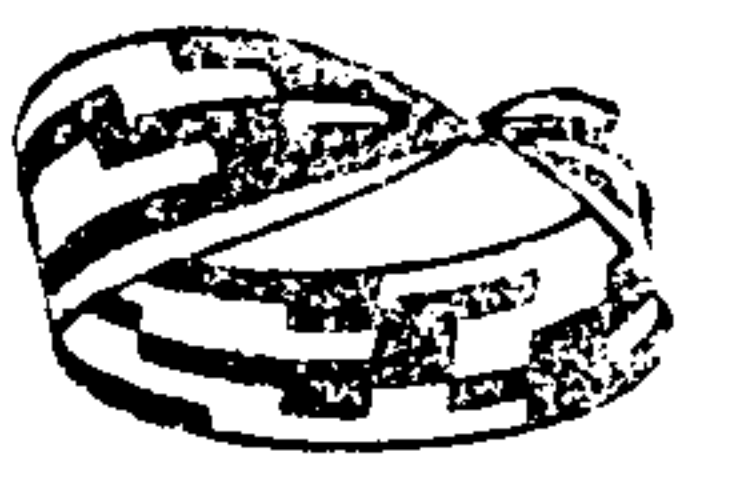


Figura 7