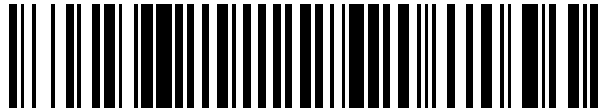


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 272**

21 Número de solicitud: 201131298

51 Int. Cl.:

H03D 11/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

28.07.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.04.2013

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**C/ Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES**

72 Inventor/es:

PALÀ SCHÖNWÄLDER, Pere

54 Título: **RECEPTOR SUPERREGENERATIVO PARA MODULACIONES DE FASE**

57 Resumen:

Consiste en un receptor superregenerativo que permite la detección de modulaciones de fase. El núcleo del receptor es un oscilador superregenerativo que realiza las funciones de filtrado y amplificación de cada pulso modulado en fase recibido, preservando su información de fase. Un sistema de muestreo toma un cierto número de muestras de la señal generada en respuesta a cada pulso modulado en fase. Se compara el conjunto de muestras correspondientes al pulso actual con los conjuntos de muestras correspondientes a pulsos anteriores y se obtiene una estimación del dato transmitido. La presente invención consta de las siguientes partes esenciales: un sistema (1) con una entrada correspondiente a la señal modulada en fase (2) y una señal de salida demodulada (3). Sobre el sistema (1) actúa una señal de extinción (4) que actúa sobre el oscilador superregenerativo (10). Sobre el sistema (1) actúa asimismo una señal de reloj (5) que actúa sobre el bloque detector (6).

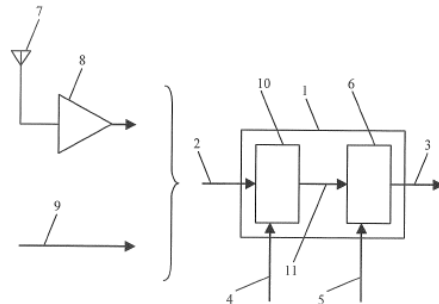


Figura 1

DESCRIPCIÓN

Receptor superregenerativo para modulaciones de fase.

Sector de la técnica

5 La presente invención está relacionada, en general, con los sistemas de transmisión de datos por radiofrecuencia. Más concretamente, la invención se refiere a la utilización de un oscilador superregenerativo en el terminal receptor para la detección de modulaciones de fase de dos niveles (BPSK), de cuatro niveles (QPSK) o de múltiples niveles (MPSK), en cualquiera de sus variantes: de banda estrecha, de espectro ensanchado o de banda ultra ancha.

10 Los osciladores superregenerativos se utilizan en receptores de radio de corto alcance gracias a su gran sencillez, bajo coste y reducido consumo de potencia. Algunos ejemplos de aplicación son: sistemas de control remoto, sistemas de telemetría de corta distancia y sistemas de transmisión de voz. Habitualmente, los fabricantes de este tipo de receptores persiguen en sus diseños la obtención de un consumo de potencia muy reducido así como la fabricación masiva a un bajo coste unitario.

15 Por otro lado, existe una creciente utilización de radioenlaces de datos de corto alcance, como parte de redes de área local inalámbricas (WLAN) y sistemas de comunicación personal (WPAN), que requiere el uso de terminales portátiles de tamaño, peso y consumo reducidos. Los estándares que regulan este tipo de comunicaciones utilizan frecuentemente las bandas de radiofrecuencia conocidas como ISM (industrial, scientific and medical) en las que es posible transmitir sin necesidad de licencia. Las modulaciones de fase son de amplia utilización en estos tipos de sistemas, gracias a que permiten un uso eficiente de la potencia de señal transmitida y, por consiguiente, una tasa de error de bit menor a igualdad de potencia transmitida. Por otro lado, y con el objetivo de maximizar las

20 posibilidades de utilización del espectro radioeléctrico disponible, los nuevos estándares tienden a utilizar nuevas técnicas, de espectro ensanchado o de banda ultra-ancha, que persiguen diferenciarse lo más posible de las convencionales de banda estrecha, con el objetivo de proporcionar una serie de ventajas como son: mayor privacidad, mayor resistencia a interferencias y, especialmente, menor interferencia causada a otros enlaces para permitir así la coexistencia de múltiples sistemas.

25 La presente invención se caracteriza porque permite combinar las características propias de los osciladores superregenerativos, en términos de coste y consumo de potencia, con las ventajas inherentes a las comunicaciones que utilizan modulación de fase, tanto de banda estrecha, de espectro ensanchado como de banda ultra ancha.

Estado de la técnica

30 La utilización de modulaciones de fase en sistemas de comunicación tiene como ventaja el hecho de que permite un uso más eficiente de la potencia de señal transmitida. En contrapartida, requiere habitualmente en recepción una arquitectura coherente, lo que conlleva una complejidad y un coste del receptor mayores. Entre los receptores más simples conocidos están los de tipo superregenerativo. Éstos se han utilizado tradicionalmente para la recepción de señales moduladas en amplitud, por la simplicidad asociada a la generación y recepción de este tipo de señales, y eventualmente en la recepción de modulaciones de frecuencia. Sin embargo, apenas se conocen estructuras

35 superregenerativas que permitan la detección de modulaciones de fase. Un ejemplo es la estructura propuesta por investigadores de la Universidad Carlos III [Her-02], sin que ésta se haya llegado a implementar por completo en un receptor que funcione de forma totalmente autónoma. Otras realizaciones destacadas son [Pal-09a] y la patente de Palà y otros (2011), donde se presentan arquitecturas para la detección de señales binarias de fase (BPSK). La presente invención utiliza una arquitectura alternativa capaz de detectar modulaciones de fase multinivel y se caracteriza por ser muy simple, ofrecer un bajo coste y un consumo de potencia reducido, y permitir la operación totalmente autónoma como parte de un receptor.

40 El oscilador superregenerativo fue presentado por Armstrong en 1922 [Arm-22] como parte de un receptor y, desde entonces, ha sido utilizado en aplicaciones diversas. Durante la década de 1930 fue ampliamente usado por radioaficionados como un receptor de onda corta económico. Diversos sistemas de tipo "walkie-talkie" se basaron en este receptor por su reducido peso y coste. En la Segunda Guerra Mundial se utilizó como baliza para la identificación radar de barcos y aeronaves [Whi-50]. A medida que el transistor empezó a reemplazar al tubo de vacío, el receptor superregenerativo quedó relegado a aplicaciones muy específicas. Sirvan como ejemplo: radares ligeros [Mil-68] [Str-71], espectroscopia de resonancia nuclear [Bat-76] [Sub-81], receptores alimentados por energía solar [Coy-92] e instrumentación médica [Cre-94]. El principio de operación del receptor superregenerativo se ha

50 implementado también con éxito en el campo de los amplificadores ópticos láser [Der-71] [Esp-99]. Recientemente, el receptor superregenerativo ha sido extendido para la detección de señales de espectro ensanchado por secuencia directa [Mon-05a] [Mon-05a], se han presentado realizaciones para comunicaciones de banda ultra ancha (UWB) [Ani-08] y se ha aprovechado el principio superregenerativo para la amplificación en banda base y la realización de mezcladores [Pal09b].

55 Actualmente, las principales aplicaciones del receptor superregenerativo se encuentran entre los enlaces de radio de corto alcance en donde el bajo coste y un consumo de potencia reducido son factores determinantes. Entre dichas aplicaciones destacan: sistemas de control remoto (puertas automáticas, alarmas de automóvil, robots, modelismo, etc.), sistemas de telemetría de corta distancia, teléfonos portátiles y similares.

Diversas innovaciones tecnológicas han ido apareciendo a lo largo del tiempo con el objetivo de mejorar las prestaciones del receptor superregenerativo. Se presenta a continuación una lista de patentes aparecidas en las últimas décadas:

Número de patente	Autor	Fecha
US Pat. No. 3883809	Ver Planck et al.	13 de Mayo de 1975
US Pat. No. 4143324	Davis	6 de Marzo de 1979
US Pat. No. 4307465	Geller	22 de Diciembre de 1981
US Pat. No. 4393514	Minakuchi	12 de Julio de 1983
US Pat. No. 4455682	Masters	19 de Junio de 1984
US Pat. No. 4749964	Ash	7 de Junio de 1988
US Pat. No. 4786903	Grindahl et al.	22 de Noviembre de 1988
US Pat. No. 5029271	Meierdierck	2 de Julio de 1991
US Pat. No. 5630216	McEwan	13 de Mayo de 1997
US Pat. No. 20020168957A1	Mapes	14 de Noviembre de 2002
WO Pat. No. 03009482A1	Leibman	30 de Enero de 2003
WO Pat. No. 2005031994	Lourens	7 de abril de 2004
GB Pat. No. 2433365A	Kim et al.	20 de Junio de 2007
EP Pat. No. 1830474A1	Pelissier et al.	5 de Septiembre de 2007
US Pat. No. 7590401B1	Frazier	15 de Septiembre de 2009
ES Pat. Núm. 2352127	Palà y otros	29 de Junio de 2011

5 La patente de Ver Planck et al. se titula "Superregenerative Mixers and Amplifiers" y describe un receptor superregenerativo que incluye un diodo túnel. El diodo túnel se utiliza para amplificar la señal de radiofrecuencia y para mezclarla con la oscilación local, proporcionando una salida de frecuencia intermedia. La oscilación local es un armónico de la frecuencia de extinción aplicada al diodo túnel.

10 La patente de Davis se titula "Transistorized Superregenerative Radio Frequency Detector" e ilustra un detector superregenerativo de radiofrecuencia transistorizado de autoextinción, que utiliza una frecuencia de extinción mucho más alta que los receptores superregenerativos convencionales.

La patente de Geller se titula "Digital Communications Receiver" y describe un receptor de señales de radiofrecuencia binarias. El detector superregenerativo proporciona una señal que, mediante una tensión constante de referencia y un comparador, genera una tensión de salida digital.

15 La patente de Minakuchi et al. se titula "Superregenerative Receiver" y describe un receptor superregenerativo que incluye un oscilador de extinción que permite convertir la señal recibida en una señal de baja frecuencia. El oscilador de extinción incluye un transistor, un circuito de retroalimentación positiva y un circuito RC.

20 La patente de Masters se titula "Superregenerative Radio Receiver" e ilustra un receptor superregenerativo especialmente adaptado para asegurar la estabilidad en frecuencia del receptor con respecto a una frecuencia preseleccionada. El receptor incluye un receptor superregenerativo con una antena montada en un recinto especial que incorpora una superficie reflectora de señales de radio.

La patente de Ash se titula "Superregenerative Detector Having a Saw Device in the Feedback Circuit" y describe un receptor superregenerativo que utiliza un único transistor con un dispositivo de onda acústica superficial en el lazo de retroalimentación, estabilizando así la frecuencia de oscilación.

- La patente de Grindahl et al. se titula "Remotely Interrogated Transponder" e ilustra un transpondedor que puede ser interrogado de forma remota. El receptor incluye un oscilador, un detector, un demodulador y un circuito lógico. Utiliza como dispositivo selectivo en frecuencia una sección de microstrip cortocircuitada de media longitud de onda.
- 5 La patente de Meierdierck se titula "Superregenerative Detector" y describe un receptor superregenerativo mejorado que incluye un amplificador operacional y una señal de referencia que actúan sobre el propio receptor con el fin de someterlo a un funcionamiento lineal.
- 10 La patente de McEwan se titula "Micropower RF Transponder with Superregenerative Receiver and RF Receiver with Sampling Mixer" y describe un transpondedor de radiofrecuencia que utiliza una adaptación del receptor superregenerativo en que el oscilador de extinción es externo al transistor regenerativo. El oscilador de extinción aplica una señal exponencialmente decreciente con el fin de conseguir una elevada sensibilidad y utiliza una configuración de alimentación que permite la operación con tensiones de alimentación muy bajas.
- 15 La patente de Mapes se titula "Superregenerative Oscillator RF Receiver with Differential Output" y describe un receptor superregenerativo con salida diferencial que mejora el margen de operación de la señal de salida así como la sensibilidad, sin que ello perjudique el coste ni en el consumo de corriente del receptor.
- La patente de Leibman se titula "Superregenerative Low-Power Receiver" y describe un receptor superregenerativo que incorpora un microprocesador cuya señal de reloj se utiliza para la extinción del receptor.
- 20 La patente de Lourens se titula "Q-quenching super-regenerative receiver" y describe un sistema de control del factor de calidad del oscilador superregenerativo que reduce el ruido generado en el receptor y mejora su sensibilidad.
- La patente de Kim et al. se titula "A super regenerative receiver that uses an oscillating signal which is driven by a current equal to (bias current multiplied by N) + quench current" y describe un receptor que incluye un oscilador superregenerativo con control de polarización según la salida proporcionada por el oscilador superregenerativo y un circuito de control de anchura de pulso para la recepción de una señal de reloj predeterminada.
- 25 La patente de Pelissier et al. se titula "Dispositif et procédé de réception ultra-large bande utilisant un détecteur à super-régénération" y describe un dispositivo y el método para la recepción de impulsos de banda ultraancha mediante la utilización de un oscilador superregenerativo. El método es compatible con modulaciones de señal impulsivas de amplitud y/o de posición.
- 30 La patente de Palà y otros se titula "Receptor superregenerativo para modulaciones binarias" y describe un receptor para modulaciones binarias de fase basado en un oscilador superregenerativo cuya topología es cambiada en ciertos instantes para dar lugar a respuestas inestables monótonamente crecientes cuyo signo permite extraer la información transmitida
- 35 Recientemente han aparecido diversas publicaciones que presentan nuevos aspectos y realizaciones del receptor superregenerativo. Se presentan a continuación las más relevantes.
- En [Lee-96] se pone de manifiesto la existencia de comportamientos caóticos en los receptores superregenerativos.
- En [Jam-97] y [Buc-00] se presentan dos prototipos de receptor superregenerativo de alta frecuencia, concretamente en las bandas SHF y KA, respectivamente.
- 40 En [Fav-98] se presenta un receptor superregenerativo de bajo consumo para aplicaciones ISM, integrado con tecnología CMOS de 0.8 μm .
- En [Vou-01] se describe un receptor superregenerativo de bajo consumo a 1 GHz, integrado con tecnología CMOS de 0.35 μm . Este receptor incluye un control automático de ganancia.
- 45 En [Joe-01] se describe un transceptor superregenerativo de bajo consumo con control de tipo PLL compartido en el tiempo. El sistema incluye dos lazos de control: uno para el control de sensibilidad y selectividad y otro para el control de frecuencia.
- En [Mon-00], [Mon-01], [Mon-02a], [Mon-02b], [Mon-05a] y [Mon-05b] se describen diversas adaptaciones del receptor superregenerativo para la recepción de señales de espectro ensanchado por secuencia directa.
- 50 En [Her-02] se describe un receptor superregenerativo adaptado para la recepción de señales moduladas en fase y en frecuencia. El oscilador superregenerativo se implementa mediante un sistema de retroalimentación que incluye una línea de retardo.

En [Oti-05] se presenta un transceptor integrado para redes de sensores inalámbricas que incorpora un oscilador superregenerativo estabilizado mediante un resonador de onda acústica volumétrica.

En [Wuc-06] se describe la utilización de un oscilador superregenerativo en un sistema radar incoherente de banda ultraancha.

5 En [Pel-06] se demuestra la viabilidad de los osciladores superregenerativos para la detección de impulsos de banda ultraancha.

En [Aye-07] se describe un transceptor superregenerativo adaptado para la transmisión y recepción de modulaciones binarias de frecuencia, el cual incorpora un oscilador superregenerativo cuya frecuencia de oscilación se modifica de acuerdo con los datos transmitidos o recibidos, según sea el caso.

10 En [Che-07] se presenta un receptor superregenerativo integrado que incorpora un sistema de autocalibración controlado digitalmente que permite la optimización dinámica de las características del receptor.

En [Gre-07] se describe un transceptor superregenerativo que opera con ciclos de trabajo muy bajos para reducir el consumo de potencia.

15 En [Mon-07] se presenta un receptor superregenerativo que opera sincronamente con los datos recibidos mediante un lazo de sincronización, logrando una alta velocidad de transferencia de datos.

En [Ani-08] se presenta un filtro superregenerativo integrado de banda ultraancha con señal de extinción síncrona para receptores de banda ultraancha de baja potencia y velocidad de transferencia de datos media.

En [Pal-09] se presenta un receptor superregenerativo para modulaciones binarias de fase basado en el muestreo de la señal de un oscilador superregenerativo por un flip-flop de tipo D.

20 Lista de referencias:

[Arm-22] E.H. Armstrong. "Some recent developments of regenerative circuits". Proc. IRE, vol. 10, pp. 244-260, Aug. 1922.

[Whi-50] J.R. Whitehead. Super-Regenerative Receivers, Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 1950.

25 [Mil-68] C.J. Milner, G.S. Shell. "A super-regenerative microwave Doppler moving-target indicator", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. vt-17, no.1, Oct. 1968, pp. 13-23.

[Str-71] F.G. Strembler. "Design of a small radar altimeter for balloon payloads", 3rd International Geoscience Electronics Symposium Digest of Technical Papers. IEEE, New York, 1971, iii+73 pp. 1pp.

[Der-71] L.N. Deryugin, B.P. Kulakov, V.K. Nurmukhametov. "Superregenerative amplification possibilities in a Q-switched laser", Radio Engineering and Electronic Physics, vol. 16, no. 1, Jan. 1971, pp. 119-26.

30 [Bat-76] J.H. Battocletti et al. "Cerebral blood flow measurement using nuclear magnetic resonance techniques", 29th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology, Alliance for Engng. In Medicine & Biology, Chevy Chase, MD, USA, 1976, xviii+484 pp. P.42.

[Sub-81] V.H. Subramanian, P.T. Narasimhan, K.R. Srivatsan. "An injection and phase-locked super-regenerative NQR spectrometer", Journal of Physics E (Scientific Instruments), vol. 14, no. 7, Jul 1981, pp. 870-3.

35 [Coy-92] W.G. McCoy. "Design of a superregenerative receiver for solar powered applications", IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 38, no. 4, Nov. 1992, pp. 869-873.

[Cre-94] Z. McCreesh and N.E. Evans. "Radio telemetry of vaginal temperature", 16th IEEE EMBS Conf., Baltimore MD, November 1994, pp 904-905.

40 [Lee-96] D.M.W. Leenaerts. "Chaotic Behavior in Super Regenerative Detectors", IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications, vol. 43, no. 3, Mar. 1996, pp. 169-176.

[Jam-97] A. Jamet. "A 10 GHz Super-Regenerative Receiver", VHF Communications, vol. 29, iss. 1, p. 2-12, U.K., KM Publications, 1997.

45 [Fav-98] P. Favre, N. Joehl, A. Vouilloz, P. Deval, C. Dehollain and M.J. Declercq. "A 2-V 600- μ A 1-GHz BiCMOS Super-Regenerative Receiver for ISM Applications", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 33, no. 12, December 1998, pp. 2186-2196.

[Esp-99] M.C. España-Boquera and A. Puerta-Notario. "Bit-error rate and frequency response in superregenerative semiconductor laser receivers", Optics Letters, Vol. 24, No. 3, February 1999.

- [Buc-00] N.B. Buchanan, V.F. Fusco and J.A.C. Steward. "A KA band MMIC super-regenerative detector", IEEE Int. Microwave Symposium MTT-S Digest, vol. 3, pp. 1585-1588, 2000.
- 5 [Mon-00] F.X. Moncunill, O. Mas and P. Palà. "A Direct-Sequence Spread-Spectrum Super-Regenerative Receiver", Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'00), May 2000, Geneva, vol. 1, pp. 68-71.
- [Vou-01] A. Vouilloz, M. Declercq and C. Dehollain. "A Low-Power CMOS Super-Regenerative Receiver at 1 GHz". IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 36, no. 3, pp. 440-451, March 2001.
- 10 [Mon-01] F.X. Moncunill-Geniz, O. Mas-Casals and P. Palà-Schönwälder. "A Comparative Analysis of Direct-Sequence Spread-Spectrum Super-Regenerative Architectures", Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'01), May 2001, Sydney, vol. IV, pp. 120-123.
- [Joe-01] N. Joehl, C. Dehollain, P. Favre, P. Deval and M. Declercq. "A Low-Power 1-GHz Super-Regenerative Transceiver with Time-Shared PLL Control". IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 36, no. 7, pp. 1025-1031, July 2001.
- 15 [Mon-02a] F.X. Moncunill-Geniz, O. Mas-Casals and P. Palà-Schönwälder. "Demodulation Capabilities of a DSSS Super-Regenerative Receiver", Second Online Symposium for Electronics Engineers (OSEE), <http://www.techonline.com/community/20214>, Techonline, Feb. 2002.
- [Her-02] L. Hernandez and S. Paton. "A superregenerative receiver for phase and frequency modulated carriers", Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'02), May 2002, Phoenix, vol. 3, pp. 81-84.
- 20 [Mon-02b] F. Xavier Moncunill Geniz. "New Super-Regenerative Architectures for Direct-Sequence Spread-Spectrum Communications", Tesis Doctoral, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, Septiembre de 2002.
- [Oti-05] Otis, B.; Chee, Y.H.; Rabaey, J. "A 400 uW-RX, 1.6mW-TX super-regenerative transceiver for wireless sensor networks", IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Digest of Technical Papers, vol. 1, pp. 396 – 606, Feb. 2005.
- 25 [Mon-05a] F. X. Moncunill-Geniz, P. Pala-Schonwalder , F. del Aguila-Lopez. "New superregenerative architectures for direct-sequence spread-spectrum communications", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 52, no. 7, pp. 415 – 419, July 2005.
- [Mon-05b] F. X. Moncunill-Geniz, P. Pala-Schonwalder, C. Dehollain, N. Joehl, M. Declercq. "A 2.4-GHz DSSS superregenerative receiver with a simple delay-locked loop", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 15, no. 8, pp:499 - 501, Aug. 2005.
- 30 [Wuc-06] Wuchenauer, T.; Nalezinski, M.; Menzel, W. "Superregenerative Incoherent UWB Pulse Radar System", IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp:1410-1413, June 2006.
- [Pel-06] Pelissier, D.M.; Soen, M.J.; J. Soen . "A new pulse detector based on super-regeneration for UWB low power applications", Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Ultra-Wideband, pp:639 - 644, Sept. 2006.
- 35 [Aye-07] Ayers, J.; Mayaram, K.; Fiez, T.S. "A Low Power BFSK Super-Regenerative Transceiver", Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2007), pp. 3099-3102, May 2007.
- [Mon-07] F. X. Moncunill-Geniz, P. Pala-Schönwalder, C. Dehollain, N. Joehl, M. Declercq. "An 11-Mb/s 2.1-mW synchronous superregenerative receiver at 2.4 GHz", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 55, no. 6, part 2, pp:1355 – 1362, June 2007.
- 40 [Che-07] Jia-Yi Chen; Flynn, M.P.; Hayes, J.P , A Fully Integrated Auto-Calibrated Super-Regenerative Receiver in 0.13- μ m CMOS", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 42, no. 9, pp:1976 – 1985, Sept. 2007.
- [Gre-07] McGregor, I.; Wasige, E.; Thayne, I.; Sub-50 μ W, 2.4 GHz super-regenerative transceiver with ultra low duty cycle and a 675 μ W high impedance super-regenerative receiver", Proceedings of the 2007 European Microwave Conference, pp. 1322-1325 Oct. 2007.
- 45 [Mon-07] Moncunill-Geniz, F. X.; Pala-Schönwalder, P.; del Aguila-Lopez, F.; Giralt-Mas, R. "Application of the superregenerative principle to UWB pulse generation and reception", 14th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS 2007), pp: 935 – 938, Dec. 2007.
- 50 [Ani-08] Anis, M.; Tontisirin, S.; Tielert, R.; Wehn, N. "A 3mW 1GHz ultra-wide-bandpass super-regenerative filter", 2008 IEEE Radio and Wireless Symposium, pp. 455 – 458, Jan. 2008.

[Pal-09a] P. Palà-Schönwälder, F. Xavier Moncunill-Geniz, J. Bonet-Dalmau, F. del-Águila-López and R. Giral-Mas. "A BPSK Superregenerative Receiver. Preliminary Results", Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2009), pp.1537-1540, 2009.

5 [Pal-09b] P. Palà-Schönwälder, F. Xavier Moncunill-Geniz, J. Bonet-Dalmau, F. del-Águila-López and R. Giral-Mas, "Baseband superregenerative amplification," IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers, vol. 56, no. 9, pp. 1930-1937, Sep. 2009.

Descripción de la invención

10 La presente invención consiste en un procedimiento y su realización en forma de circuito para demodular señales de radiofrecuencia moduladas en fase. Es conocido que un oscilador superregenerativo genera una señal oscilante cuya fase viene determinada por la fase de la señal de radiofrecuencia presente a su entrada en los intervalos de sensibilidad del mismo. En la presente invención se aprovecha esta característica del oscilador superregenerativo para amplificar, en cada ciclo de recepción, un pulso de la señal de radiofrecuencia de entrada manteniendo su modulación de fase. En cada ciclo de recepción, una vez transcurrido un tiempo tal que la señal del oscilador superregenerativo tiene amplitud suficiente, ésta es procesada por un sistema detector. El sistema detector mencionado obtiene un número de muestras en cada ciclo de recepción y, en función de las muestras obtenidas en el ciclo de recepción actual y las muestras obtenidas en el ciclo de recepción anterior o en los ciclos de recepción anteriores, realiza la decisión acerca del dato transmitido.

15 La presente invención consta de las siguientes partes esenciales: un sistema (1) con una entrada correspondiente a la señal modulada en fase (2) y una señal de salida demodulada (3). Sobre el sistema (1) también actúa una señal de extinción (4) que actúa sobre el oscilador superregenerativo (10). Sobre el sistema (1) actúa asimismo una señal de reloj (5) que actúa sobre el bloque detector (6). La señal de entrada (2) puede provenir bien de la señal de radiofrecuencia captada por una antena (7) y posteriormente amplificada por un amplificador de bajo ruido (8), bien de otro circuito o sistema de transmisión previo (9).

20 La señal de extinción (4) produce en el oscilador superregenerativo dos fases diferenciadas de funcionamiento. En la primera fase el oscilador es estable por lo que las señales existentes en el oscilador superregenerativo se extinguen. En la segunda fase el oscilador es inestable y genera una forma de onda (11) que conserva la información de fase contenida en la señal de entrada. El conjunto formado por la primera fase más la segunda fase constituye un ciclo de recepción.

25 Una vez transcurrido el tiempo suficiente para que la forma de onda (11) alcance amplitud apreciable, la señal de reloj (5) actúa de forma que se toma un número N de muestras (12) de la señal (11) y se almacenan en una memoria (13). Cada muestra se codifica con un número determinado de bits, pudiendo ser un bit por muestra o múltiples bits por muestra.

30 La frecuencia de la señal de reloj (5) es distinta de la frecuencia de la forma de onda (11) del oscilador superregenerativo, de forma que, en un ciclo de recepción se obtiene un número N de muestras en un número M de ciclos de la señal (11) y de forma que las N muestras contienen información, por muestreo o submuestreo, de aproximadamente un ciclo de la forma de onda (11). Las Figuras 2, 3, 4 y 5 ilustran una forma de obtener conjuntos de muestras que permiten demodular los datos de una modulación de fase de cuatro niveles. Para este objetivo puede utilizarse un número de muestras mayor o menor. Asimismo, la frecuencia de la señal de reloj (5) puede ser sustancialmente inferior a la a la frecuencia de la señal (11).

35 La comparación del conjunto de N muestras obtenidas en un ciclo de recepción con el conjunto de N muestras obtenidas en ciclos anteriores de recepción permite conocer qué cambio de fase ha sufrido la señal (2) y, a partir de este conocimiento, decidir la información transmitida. Para ello basta con determinar cuál es el desplazamiento de las muestras obtenidas en el ciclo de recepción actual que da lugar a la máxima similitud con las muestras obtenidas en el ciclo de recepción anterior. Las Figuras 6, 7, 8 y 9 describen cómo debe realizarse la comparación en el bloque comparador (16). Dado que existen múltiples posibilidades de codificar la información, las figuras describen solamente una de las posibilidades. Las Figuras 6 y 7 describen unas pocas combinaciones dado que esta parte puede considerarse obvia para un experto en la materia.

40 Aunque las Figuras desde la 2 a la 7 ilustran una modulación de fase de cuatro niveles, un experto en la materia puede extender el procedimiento de forma obvia para demodular los datos de una modulación de fase de un número arbitrario de niveles.

Breve descripción del contenido de los dibujos

45 La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema (1) que realiza el procedimiento objeto de la presente invención, el cual permite la detección de modulaciones de fase. El sistema dispone de una señal de entrada (2) y una señal de salida (3). Sobre el sistema (1) actúa una señal de control de extinción (4) y una señal de reloj (5).

50 El sistema (1) contiene un oscilador superregenerativo (10) que genera una señal (11) que mantiene la información de fase contenida en la señal de entrada (2) y tiene mayor amplitud. El sistema (1) contiene asimismo un bloque

detector (6) que es gobernado por la señal de reloj (5) y produce la señal de salida (3) con información de la fase demodulada. En función de la modulación de fase utilizada, la señal de salida (3) está compuesta por una o más líneas correspondientes a uno o más bits.

5 La Figura 2 muestra cualitativamente la señal de entrada (2) bajo la forma de un pulso modulado por una portadora con una cierta fase. La Figura 2 también representa cualitativamente la forma de onda (11) generada por el oscilador superregenerativo. También se representa la señal de reloj (5) que empieza a actuar a partir de un instante de tiempo en el que la señal (11) ha adquirido amplitud suficiente. En la Figura 2 también se representan, mediante círculos, N muestras (12) de la señal (11) codificadas, a modo de ejemplo, con un único bit por muestra. Por motivos de claridad, en la figura se ha omitido etiquetar cada círculo que corresponde a una de las muestras (12). En la 10 Figura 12 se ha tomado, como ejemplo, N=16.

La Figura 3 muestra cualitativamente la señal de entrada (2) bajo la forma de un pulso modulado por una portadora con una cierta fase adelantada 90° con respecto a la señal de entrada (2) de la Figura 2. Se representan las mismas señales que en la Figura 2. Puede observarse el cambio producido en las 16 muestras representadas en la Figura 3 respecto a las 16 muestras representadas en la Figura 2.

15 La Figura 4 muestra cualitativamente la señal de entrada (2) bajo la forma de un pulso modulado por una portadora con una cierta fase adelantada 180° con respecto a la señal de entrada (2) de la Figura 2. Se representan las mismas señales que en las Figuras 2 y 3. Puede observarse el cambio producido en las 16 muestras representadas en la Figura 4 respecto a las 16 muestras representadas en la Figura 2 y 3.

20 La Figura 5 muestra cualitativamente la señal de entrada (2) bajo la forma de un pulso modulado por una portadora con una cierta fase adelantada 270° con respecto a la señal de entrada (2) de la Figura 2. Se representan las mismas señales que en las Figuras 2, 3 y 4. Puede observarse el cambio producido en las 16 muestras representadas en la Figura 5 respecto a las 16 muestras representadas en la Figura 2, 3 y 4.

25 La Figuras 6 y 7 ilustran el proceso de obtención de la señal de salida (3) a partir de las muestras (12) de la señal (11) obtenidas en el ciclo de recepción actual (15) y en el ciclo de recepción inmediatamente anterior (14). En la figura 6 no existe cambio de fase entre el ciclo actual y el ciclo inmediatamente anterior. En la figura 7, existe una diferencia de fase de 90° entre ambos ciclos.

La Figura 8 muestra los detalles de la realización preferida.

Descripción de una realización preferida

30 La realización preferida se describe en la Figura 10. En ella, la señal de radiofrecuencia modulada en fase en cuatro niveles es captada por una antena (7) y amplificada por un amplificador integrado de banda ancha y bajo ruido (8) polarizado por la resistencia (32). Este amplificador, al igual que el (31) presentan impedancias de entrada y de salida próximas a 50 ohmios. El condensador (28) tiene por misión bloquear la componente continua hacia la antena. El amplificador integrado de banda ancha (31) constituye el elemento activo del oscilador superregenerativo. El resonador hairpin (25) estabiliza la frecuencia de oscilación, de valor muy próximo a la frecuencia de la señal de 35 entrada, mientras que las líneas desfasadoras (26) proporcionan el desfase necesario de 360° al cerrar el lazo de realimentación. La polarización del amplificador (31) es realizada por la resistencia (33). El condensador (29) tiene por misión bloquear la componente continua.

40 El conjunto formado por el condensador (30) y las resistencias (23) y (24) tiene por objetivo modificar únicamente la componente continua de la señal de salida del amplificador (31), de forma que la circuitería digital (17) pueda discernir valores lógicos altos y bajos.

45 La circuitería digital (17) está contenida en un dispositivo semiconductor que incorpora bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser programada. Un módulo oscilador (21) genera la señal de reloj del sistema (22) y ésta se reparte a los diversos módulos dentro de (17). Las muestras (12), codificadas con un bit por muestra, son almacenadas en un registro de desplazamiento (13), gobernado por la señal de reloj (5). En cada ciclo de 50 recepción se toman 16 muestras. Así, el comparador (16), descrito adecuadamente mediante un lenguaje de descripción de circuitos digitales, produce 2 bits de salida (3) a partir de las 16 muestras del ciclo actual y las 16 muestras del ciclo anterior. El bloque de control (18) genera la señal de reloj (5) a partir de la señal de reloj del sistema (22). El bloque de control (18) genera asimismo la señal de validación de datos (20) y también proporciona los datos necesarios para que el convertidor digital-analógico (19) genere la señal de extinción (4) que modifica la ganancia del amplificador (31) al aplicarse a través de la resistencia (27).

55 Cuando está activa, la señal de reloj (5) tiene una frecuencia tal que permite obtener 16 muestras de la señal (11) en aproximadamente 17 periodos de la señal (11). Un ligero desplazamiento entre ambas frecuencias no tiene efectos significativos sobre el funcionamiento del bloque (16), que sigue siendo capaz de producir la salida (3) de forma correcta. Ligeros desplazamientos del instante en que empieza a actuar la señal de reloj (5) tampoco tienen efectos significativos sobre el bloque (16). El bloque (16) también es inmune a unos pocos errores en la cuantificación de las muestras gracias al número de muestras tomado.

5 El receptor descrito como realización preferida se caracteriza por ser el primer receptor superregenerativo capaz de demodular modulaciones digitales de fase de cuatro niveles. Puede recibir señales a diferentes frecuencias dimensionando adecuadamente el resonador (25) e incluso substituyendo el conjunto formado por (25) y (26) por otros filtros paso-banda de topología distinta. En función de la frecuencia de recepción, el registro de desplazamiento (13) puede situarse fuera del bloque (17) sin modificar la estructura del receptor. El receptor puede funcionar en modo logarítmico ya que en este modo también se conserva la información de fase. La operación en modo logarítmico resulta ventajosa por ser extremadamente robusta frente a cambios en el nivel de la señal de entrada, alcanzándose márgenes dinámicos de 60 dB sin requerir ningún reajuste en la señal de extinción. En la realización preferida el ancho de banda de recepción puede ajustarse al ancho de banda de la señal transmitida, en contraste con receptores superregenerativos convencionales donde el ancho de banda de recepción es muy superior al ancho de banda de la señal de información. La realización preferida destaca asimismo por su gran simplicidad, en contraste con otros receptores de señales digitales moduladas en fase de cuatro niveles existentes hasta la fecha.

10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la demodulación de señales moduladas en fase, caracterizado por el hecho de que,
 - a) hace uso de un oscilador superregenerativo gobernado por una señal de extinción,
 - b) la señal de extinción produce una fase de estabilidad del oscilador superregenerativo seguida por una fase de inestabilidad del oscilador superregenerativo,
 - c) la secuencia formada por la fase de estabilidad seguida de fase de inestabilidad constituye un ciclo de recepción,
 - d) la señal de extinción provoca que la forma de onda generada por el oscilador superregenerativo consiste en pulsos de radiofrecuencia que conservan la información de fase contenida en la señal de entrada,
 - e) en cada ciclo de recepción, a partir de un instante de tiempo se toman muestras de los pulsos de radiofrecuencia mencionados,
 - f) a partir de las muestras tomadas en el ciclo de recepción actual y de las muestras tomadas en ciclos de recepción anteriores se realiza una estimación de los datos transmitidos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las muestras de los pulsos se toman con un bit de resolución.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los instantes en los que se realiza el muestreo están equiespaciados y el periodo de muestreo es mayor que el de la señal generada por el oscilador superregenerativo.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque para la estimación de los datos se consideran las muestras del ciclo de recepción actual y las del ciclo de recepción inmediatamente anterior.
5. Circuito para la demodulación de señales moduladas en fase, caracterizado por el hecho de que,
 - a) el circuito hace uso de un oscilador superregenerativo gobernado por una señal de extinción,
 - b) la señal de extinción produce una fase de estabilidad del oscilador superregenerativo seguida por una fase de inestabilidad del oscilador superregenerativo,
 - c) la secuencia formada por la fase de estabilidad seguida de fase de inestabilidad constituye un ciclo de recepción,
 - d) la señal de extinción provoca que la forma de onda generada por el oscilador superregenerativo consiste en pulsos de radiofrecuencia que conservan la información de fase contenida en la señal de entrada,
 - e) en cada ciclo de recepción, a partir de un instante de tiempo se toman muestras de los pulsos de radiofrecuencia mencionados
 - f) a partir de las muestras tomadas en el ciclo de recepción actual y de las muestras tomadas en ciclos de recepción anteriores se realiza una estimación de los datos transmitidos.
6. Circuito según la reivindicación 5, caracterizado porque las muestras de los pulsos se toman con un bit de resolución.
7. Circuito según la reivindicación 5, caracterizado porque los instantes en los que se realiza el muestreo están equiespaciados y el periodo de muestreo es mayor que el de la señal generada por el oscilador superregenerativo.
8. Circuito según cualquiera de las reivindicaciones 5, 6 o 7, caracterizado porque para la estimación de los datos se consideran las muestras del ciclo de recepción actual y las del ciclo de recepción inmediatamente anterior.

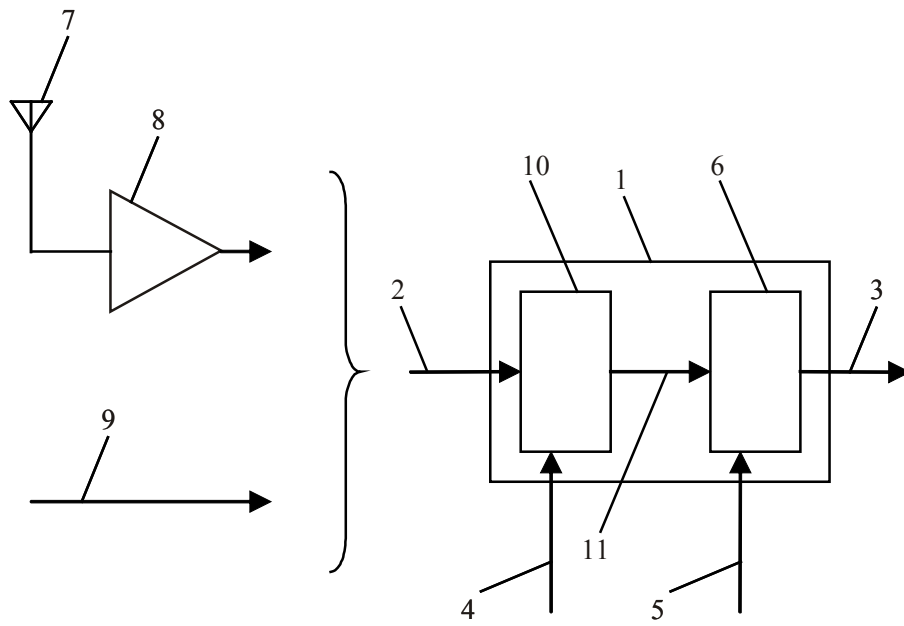


Figura 1

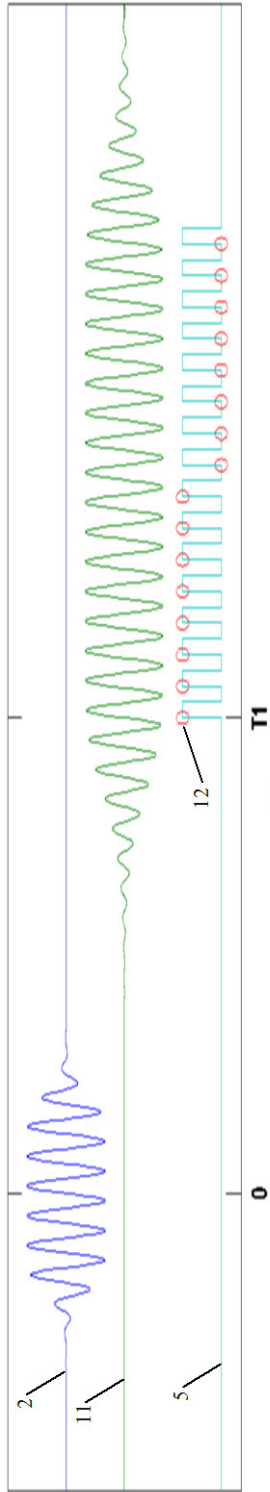


Figura 2

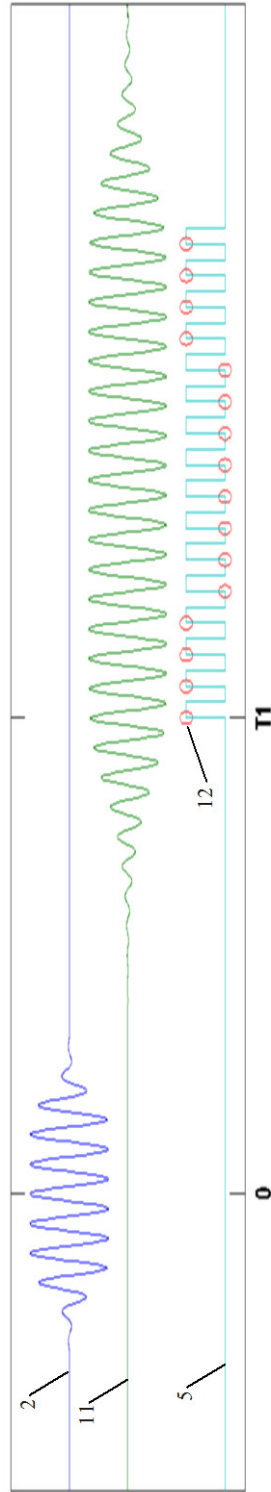


Figura 3

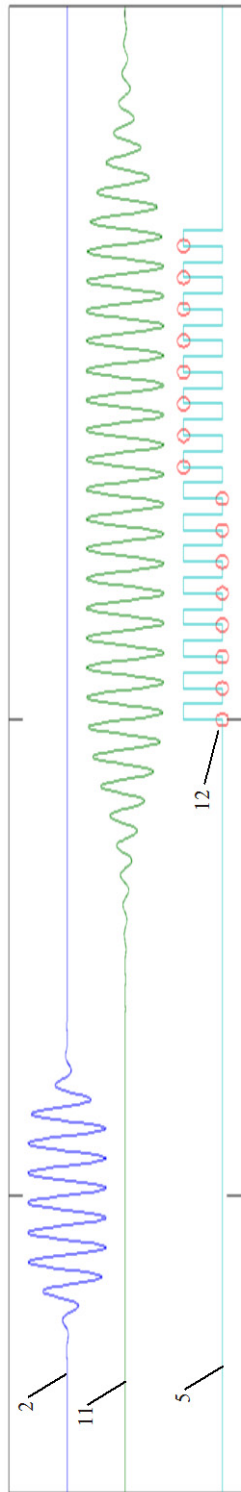


Figura 4

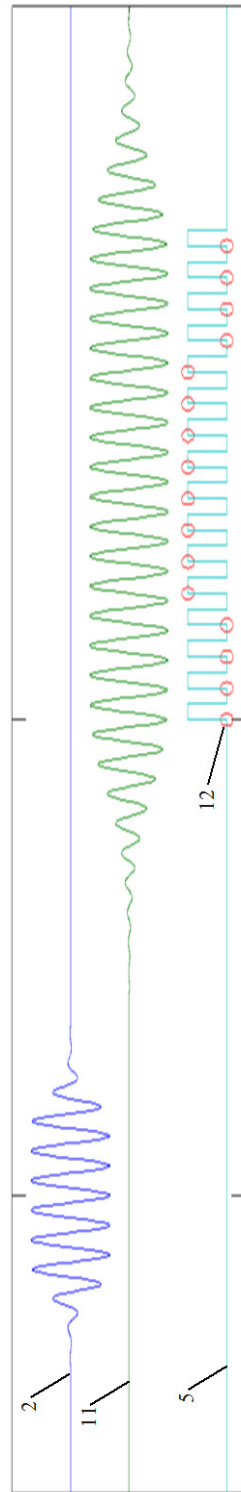


Figura 5

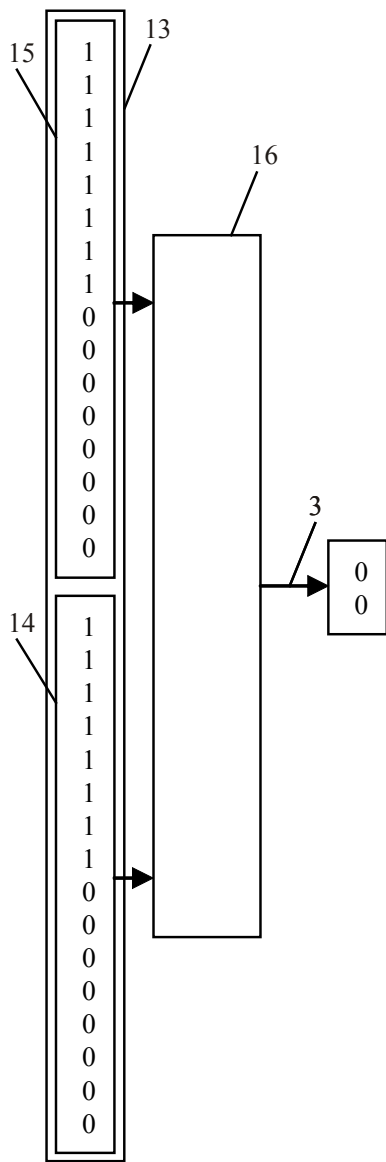


Figura 6

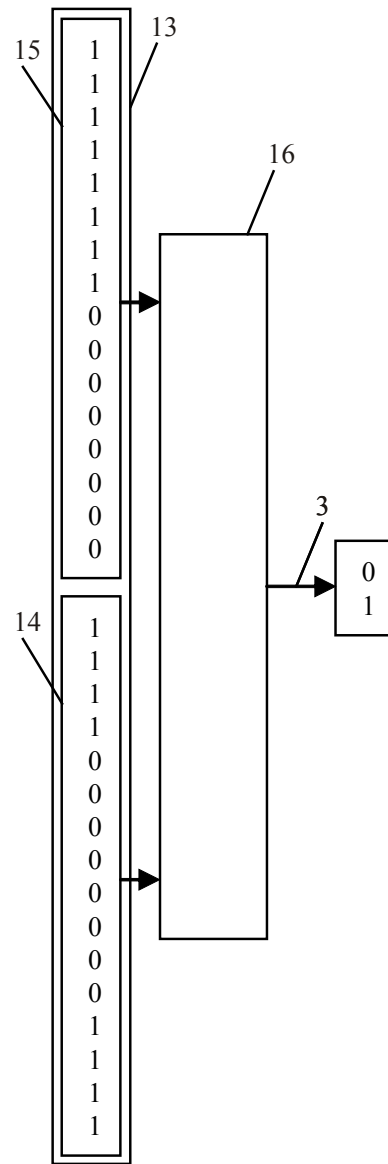


Figura 7

