

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 992**

21 Número de solicitud: 201430949

51 Int. Cl.:

**H03D 11/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**23.06.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**28.12.2015**

71 Solicitantes:

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

**Jordi Girona, 31  
08034 Barcelona ES**

72 Inventor/es:

**PALÀ SCHÖNWÄLDER, Pere;  
BONET DALMAU, Jordi y  
LÓPEZ RIERA, Alexis**

54 Título: **Procedimiento y circuito para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia**

57 Resumen:

Procedimiento y circuito para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia. Consiste en un receptor superregenerativo que permite la detección de modulaciones de frecuencia de banda estrecha cuyo núcleo es un oscilador superregenerativo que observa la fase de la señal recibida y genera pulsos de radiofrecuencia cuyas fases, observadas por un circuito conectado a la salida, reproducen los valores de fase de la entrada. La señal recibida produce trayectorias de fase distintas a partir de las cuales es posible descodificar los datos transmitidos. La presente invención consta de las siguientes partes esenciales: un sistema (1) con una entrada correspondiente a la señal modulada en frecuencia (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 digital (5) que actúa sobre el bloque decisor (6).

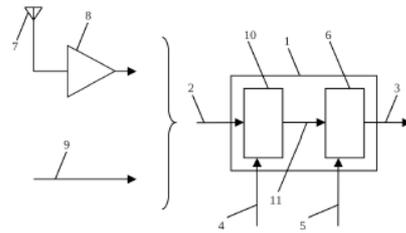


Figura 1

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y circuito para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia.

### **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 digitales de frecuencia (FSK) de banda estrecha, incluyendo el caso de la modulación MSK.

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, sistemas de comunicación personal y redes inalámbricas de sensores, que requieren el uso de dispositivo portátiles de coste, 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 frecuencia son de amplia utilización en estos tipos de sistemas.

20 La presente invención se caracteriza porque permite aprovechar las características propias de los osciladores superregenerativos, en términos de coste y consumo de potencia, aplicadas a las comunicaciones que utilizan modulación de frecuencia.

### **Estado de la técnica**

25 Determinados sistemas de comunicación utilizan modulaciones de frecuencia por diversas razones, entre las que figura la potencial simplicidad tanto en transmisión como en recepción. Por otro lado, determinados sistemas de comunicación utilizan modulaciones cuaternarias de fase desplazadas (OQPSK) con un pulso conformador cuya forma es medio ciclo de seno, que pueden ser interpretadas como una forma particular de modulación de frecuencia (Minimum Shift Keying o MSK) con una codificación de datos determinada, siendo el estándar 802.15.4 un ejemplo notable.

30 Entre los receptores más simples conocidos están los de tipo superregenerativo. Éstos se han utilizado tradicionalmente para la recepción de señales moduladas en amplitud (AM), por la simplicidad asociada a la generación y recepción de este tipo de señales. Recientemente también se ha descrito la aplicación del principio superregenerativo a modulaciones de fase. Las estructuras superregenerativas descritas hasta la fecha para modulaciones de frecuencia están basadas en el principio de conversión de FM a AM, propio de todo circuito selectivo en frecuencia, como lo es también el oscilador superregenerativo. Según este principio, señales de diferentes frecuencias provocarán amplitudes distintas. No obstante, para que este principio sea aplicable en presencia de ruido, es necesario que las variaciones de amplitud sean significativas. Esto requiere circuitos con fuertes cambios de amplitud en función de la frecuencia, es decir, filtros muy selectivos. Incluso con el efecto de incremento de la selectividad (Quality Factor Enhancement) propio de un oscilador superregenerativo, en la práctica no se consiguen selectividades suficientes. Por esta razón las estructuras superregenerativas para FM descritas hasta la fecha solamente son aplicables si las separaciones de frecuencia son elevadas, siendo, por ejemplo, inaplicables tanto al caso MSK, que presenta una desviación de frecuencia igual a la mitad de la frecuencia de símbolo como a

la que se conoce como FSK de Sunde, cuya desviación de frecuencia es igual a la frecuencia de símbolo.

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 5 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 10 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 implementado también con éxito en el campo de los amplificadores ópticos láser [Der-71] [Esp-99]. Posteriormente, el receptor superregenerativo ha sido extendido para la detección de señales de espectro ensanchado por 15 secuencia directa [Mon-05a] [Mon-05b], se han presentado realizaciones para comunicaciones de banda ultra ancha (UWB) [Ani-08], se ha aprovechado el principio superregenerativo para la amplificación en banda base y la realización de mezcladores [Pal-09b] y se ha descrito su utilización para la detección de señales moduladas en fase [Pal-09a] [Pal-14].

Actualmente, las principales aplicaciones del receptor superregenerativo se encuentran en los 20 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 25 de mejorar las prestaciones del receptor superregenerativo. Se presenta a continuación una lista de algunas 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
US Pat. No. 6,904,101 B1	Tang	7 de Junio de 2005

UK Pat. No. 2433365-A	Kim	6 de Diciembre de 2006
EP Pat. No. 1830474A1	Pelissier et al.	5 de Septiembre de 2007
US Pat. No. 7590401B1	Frazier	15 de Septiembre de 2009
US Pat. No. 7590401B1	Frazier	15 de Septiembre de 2009
ES Pat. Núm. 2352127	Palà y otros	29 de Junio de 2011
ES Pat. Núm. 2401272	Palà	28 de Julio 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.
- 15 La patente de Geller se titula "Digital Communications Receiver" y describe un receptor de señales de radiofrecuencia moduladas en amplitud binarias. El detector superregenerativo proporciona una señal que, mediante una tensión constante de referencia y un comparador, genera una tensión de salida digital.
- 20 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.
- 25 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.
- 30 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.
- 35 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.
- 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.
- 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.

5 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.

10 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.

15 La patente de Tang se titula "Tuneless Narrow-band Super-regenerative Receiver" y describe un receptor cuya frecuencia central se ajusta automáticamente y permite detectar tanto modulaciones ASK como FSK de banda ancha.

20 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.

La patente de Frazier se titula "Super-Regenerative Microwave Detector" y describe un detector de ondas milimétricas basado en un oscilador superregenerativo que usa un diodo túnel resonante en el centro de la banda de recepción.

30 La patente de Palà y otros se titula "Receptor superregenerativo para modulaciones binarias de fase" 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 La patente de Palà se titula "Receptor Superregenerativo para Modulaciones de Fase" y describe un receptor para modulaciones M-arias de fase, basado en un oscilador superregenerativo seguido de un circuito capaz de detectar las diferencia de fase entre pulsos sucesivos.

Recientemente han aparecido diversas publicaciones que presentan nuevos aspectos y realizaciones del receptor superregenerativo. Se presentan a continuación las más relevantes.

40 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  $K_A$ , respectivamente.

En [Fav-98] se presenta un receptor superregenerativo de bajo consumo para aplicaciones ISM, integrado con tecnología CMOS de 0.8  $\mu\text{m}$ .

- En [Vou-01] se describe un receptor superregenerativo de bajo consumo a 1 GHz, integrado con tecnología CMOS de 0.35  $\mu\text{m}$ . Este receptor incluye un control automático de ganancia.
- 5 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.
- 10 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.
- 15 En [Wuc-06] se describe la utilización de un oscilador superregenerativo en un sistema radar incoherente de banda ultraancha.
- En [Pel-06] se demuestra la viabilidad de los osciladores superregenerativos para la detección de impulsos de banda ultraancha.
- 20 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.
- 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.
- 25 En [Gre-07] se describe un transceptor superregenerativo que opera con ciclos de trabajo muy bajos para reducir el consumo de potencia.
- En [Mon-07a] se presenta un receptor superregenerativo que opera síncronamente con los datos recibidos mediante un lazo de sincronización, logrando una alta velocidad de transferencia de datos.
- 30 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-09a] 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.
- 35 En [Pal-13] se presenta un receptor superregenerativo cuya frecuencia no es constante, con lo que se mitiga notablemente el problema de la re-radiación en la banda de recepción.
- En [Pal-14] se presenta el principio de funcionamiento de un receptor superregenerativo para modulaciones M-arias de fase y se describen resultados sobre un prototipo en la banda de HF.
- 40 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.
- [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", *3<sup>rd</sup> 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.
- [Bat-76] J.H. Battocletti et al. "Cerebral blood flow measurement using nuclear magnetic resonance techniques", *29<sup>th</sup> 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.
- [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. McCreech and N.E. Evans. "Radio telemetry of vaginal temperature", *16<sup>th</sup> IEEE EMBS Conf.*, Baltimore MD, November 1994, pp 904-905.
- [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.
- [Fav-98] P. Favre, N. Joehl, A. Vouilloz, P. Deval, C. Dehollain and M.J. Declercq. "A 2-V 600- $\mu$ 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  $K_A$  band MMIC super-regenerative detector", *IEEE Int. Microwave Symposium MTT-S Digest*, vol. 3, pp. 1585-1588, 2000.
- [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. I, 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.
- [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.

- 5 [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.
- [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.
- 10 [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.
- [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.
- 15 [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.
- 20 [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 25 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.
- [Wuc-06] Wuchenauer, T.; Nalezinski, M.; Menzel, W. "Superregenerative Incoherent UWB Pulse Radar System", *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, 30 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-07a] 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 – 40 1362, June 2007.
- [Che-07] Jia-Yi Chen; Flynn, M.P.; Hayes, J.P , A Fully Integrated Auto-Calibrated Super-Regenerative Receiver in 0.13- $\mu$ m CMOS", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 42, no. 9, pp:1976 – 1985, Sept. 2007.
- 45 [Gre-07] McGregor, I.; Wasige, E.; Thayne, I.; Sub-50 $\mu$ W, 2.4 GHz super-regenerative transceiver with ultra low duty cycle and a 675 $\mu$ W high impedance super-regenerative

receiver”, *Proceedings of the 2007 European Microwave Conference*, pp. 1322-1325 Oct. 2007.

- 5 [Mon-07b] 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.
- [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.
- 10 [Pal-09a] P. Palà-Schönwälder, F. Xavier Moncunill-Geniz, J. Bonet-Dalmau, F. del-Águila-López and R. Giralt-Mas. “A BPSK Superregenerative Receiver. Preliminary Results”, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2009)*, pp.1537-1540, 2009.
- 15 [Pal-09b] P. Palà-Schönwälder, F. Xavier Moncunill-Geniz, J. Bonet-Dalmau, F. del-Águila-López and R. Giralt-Mas, “Baseband superregenerative amplification,” *IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers*, vol. 56, no. 9, pp. 1930-1937, Sep. 2009.
- [Pal-13] P. Palà-Schönwälder, J. Bonet-Dalmau, F. Xavier Moncunill-Geniz, F. del-Águila-López and R. Giralt-Mas, “A Low In-Band Radiation Superregenerative Oscillator,” *IEEE Trans. Circuits Syst. II, Exp. Briefs*, vol. 60, no. 6, pp. 307-310, Jun. 2013.
- 20 [Pal-14] P. Palà-Schönwälder, J. Bonet-Dalmau, F. Xavier Moncunill-Geniz, F. del-Águila-López and R. Giralt-Mas, “A Superregenerative QPSK Receiver,” *IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers*, vol. 61, no. 1, pp. 258-265, Jan. 2014.

### **Descripción de la invención**

25 La presente invención consiste en un procedimiento y su realización en forma de circuito para demodular señales de radiofrecuencia moduladas en frecuencia. 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 durante los intervalos de sensibilidad del mismo.

30 Así, el procedimiento para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia está 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 etapa de estabilidad del oscilador superregenerativo seguida por una etapa de inestabilidad del oscilador superregenerativo,
- 35 c) la secuencia formada por la etapa de estabilidad seguida de la etapa de inestabilidad constituye un ciclo de recepción,
- d) el instante en el que el oscilador superregenerativo cambia de estable a inestable determina un intervalo de tiempo a su alrededor que constituye un intervalo de sensibilidad,
- 40 e) en cada ciclo de recepción, la forma de onda generada por el oscilador superregenerativo es un pulso de radiofrecuencia,
- f) la fase de cada pulso de radiofrecuencia depende de la fase de la señal de entrada en el intervalo de sensibilidad que, a su vez, depende de la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular,

En cada ciclo de recepción, una vez transcurrido un tiempo suficiente para que la señal del oscilador superregenerativo alcance amplitud suficiente, la señal del oscilador superregenerativo es procesada por un sistema detector caracterizado por el hecho de que

- 5 g) en cada ciclo de recepción, se toman muestras directamente del pulso de radiofrecuencia mencionado, sin mediar transformación de frecuencia alguna,
- h) a partir de las muestras obtenidas se obtiene un valor digital de fase que codifica la información de fase de cada pulso de radiofrecuencia generado por el oscilador superregenerativo,
- 10 i) el conjunto formado por los valores digitales correspondientes al conjunto de ciclos de recepción realizados determina una secuencia temporal de valores de fase,
- j) la secuencia temporal de valores de fase obtenida está relacionada con la secuencia de frecuencias existente en la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular y permite la decisión de los datos.

15 La presente invención consta de las siguientes partes esenciales esquematizadas en la Figura 1: un sistema (1) que realiza el procedimiento objeto de la presente invención, el cual permite la detección de modulaciones de frecuencia. El sistema dispone de una señal de entrada (2) y una señal de salida demodulada (3). Sobre el sistema (1) actúa una señal de control de extinción (4) que actúa sobre el oscilador superregenerativo (10) que genera una señal (11) que mantiene la información de fase contenida en la señal de entrada (2) y tiene mayor  
20 amplitud. El sistema (1) contiene asimismo un bloque detector (6) que es gobernado por la señal digital (5) y produce la señal de salida (3) con información de la fase demodulada. En función de la modulación de frecuencia utilizada, la señal de salida (3) está compuesta por una o más líneas correspondientes a uno o más bits. La señal de entrada (2) puede provenir bien de la señal de radiofrecuencia captada por una antena (7) y posteriormente amplificada por un  
25 amplificador de bajo ruido (8), bien de otro circuito o sistema de transmisión previo (9). La señal de extinción (4) produce en el oscilador superregenerativo dos etapas diferenciadas de funcionamiento. En la primera etapa el oscilador es estable por lo que las señales existentes en el oscilador superregenerativo se extinguen. En la segunda etapa el oscilador es inestable y genera una forma de onda (11) que conserva la información de fase contenida en la señal de  
30 entrada.

En la segunda etapa, una vez transcurrido el tiempo suficiente para que la forma de onda (11) alcance amplitud apreciable, la señal digital (5) actúa de forma que se toma un número N de muestras (12) de la señal (11) y se almacenan en una memoria (14). Cada muestra se codifica con un número determinado de bits, pudiendo ser un bit por muestra o múltiples bits por  
35 muestra. En la implementación más eficiente las muestras de los pulsos se toman con un bit de resolución.

La frecuencia de la señal de reloj (5) es distinta de la frecuencia de la forma de onda (11) del oscilador superregenerativo, y su relación es tal que, en un ciclo de recepción se obtiene un número N de muestras en un número M de ciclos de la señal (11) y las N muestras contienen  
40 información, por muestreo o submuestreo, de aproximadamente uno o más ciclos de la forma de onda (11). Para este objetivo puede utilizarse un número de muestras mayor o menor que el representado en las Figuras 2a y 2b. Asimismo, la frecuencia de la señal de reloj (5) puede ser sustancialmente inferior a la de la frecuencia de la señal (11). En una implementación eficiente 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.  
45

La Figura 2a muestra cualitativamente la señal de entrada (2) correspondiente a un símbolo codificado por cierta frecuencia. Esta frecuencia es tal que produce cierta fase en el instante  $t=0$ , fase que se reproducirá en la forma de onda (11) generada por el oscilador

- superregenerativo. También se representa una 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 2a también se representan, mediante círculos, N muestras (12) de la señal (11) codificadas, a modo de ejemplo no limitativo, 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 Figura 2a se ha tomado, como ejemplo no limitativo,  $N=16$ . La Figura 2b muestra cualitativamente un símbolo distinto al representado en la Figura 2a. Este símbolo produce otro valor de fase en el nuevo instante de observación  $t=0$  y produce un conjunto de N muestras (12) distinto, desfasado  $\pi/4$  respecto al anterior.
- 10 Las muestras almacenadas en la memoria (14) son comparadas con una secuencia patrón (15), véase Figura 3. El bloque (16) toma las muestras almacenadas en la memoria (14) y determina cuál es el valor de desplazamiento circular de las muestras almacenadas en la memoria (14) que tiene mayor similitud al patrón (15). Este valor determina el valor (35), que codifica la fase respecto a la referencia dada por el conjunto (15). Por ejemplo, si el desplazamiento que produce mayor similitud es nulo, el valor de fase instantánea representado por la señal digital (35) corresponde a una fase de 0. Si el desplazamiento que produce mayor similitud es  $N/2$ , el valor de fase instantánea representado por la señal digital (35) corresponde a una fase de 180 grados o  $\pi$  radianes. Para otros valores, se opera análogamente, de forma proporcional.
- 15 Dependiendo de los parámetros de la señal modulada en frecuencia (2), ésta exhibirá un diagrama de trayectoria (37) de fase instantánea particular, dependiente de los datos transmitidos. La observación de este diagrama de fase en los intervalos de sensibilidad del oscilador superregenerativo dará lugar a un conjunto de muestras de fase instantánea (36), a partir de los cuales se pueden deducir los datos transmitidos.
- 25 La Figura 4 ilustra este concepto en un caso general para una modulación FSK de cuatro niveles ( $f(-2), f(-1), f(+1), f(+2)$ ) de fase continua. Durante el intervalo  $(0, T_s)$  la frecuencia transmitida es  $f(+1)$ , durante el intervalo  $(T_s, 2T_s)$  la frecuencia transmitida es  $f(-2)$ , durante el intervalo  $(2T_s, 3T_s)$  es  $f(-1)$  y durante el intervalo  $(3T_s, 4T_s)$  es  $f(+2)$ .
- 30 La Figura 5 ilustra este concepto para una señal FSK de Sunde, esto es, una modulación FSK binaria con separación de frecuencia igual a la frecuencia de símbolo. A diferencia de la Figura 4, en este caso se observan valores de fase únicamente en los centros de los intervalos de símbolo, esto es, en  $t=nT_s+T_s/2$ , obteniéndose los valores representados con círculos (36). La Figura 6 muestra el diagrama de transiciones de valores de fase para la señal de la Figura 5.
- 35 La Figura 7 ilustra este concepto para una señal MSK, esto es, una modulación FSK binaria con separación de frecuencia igual a la mitad de la frecuencia de símbolo. A diferencia de la Figura 4, en este caso se observan valores de fase únicamente en los centros de los intervalos de símbolo, esto es, en  $t=nT_s+T_s/2$ , obteniéndose los valores representados con círculos (36). Las Figuras 8, 9 y 10, muestran el diagrama de transiciones de valores de fase para una modulación MSK, cuando los valores de fase (36) son observados en distintos instantes: en los centros de los intervalos de símbolo, esto es, en  $t=nT_s+T_s/2$  (Figura 8), en un punto situado en el 75% de los intervalos de símbolo, esto es, en  $t=nT_s+3T_s/4$  (Figura 9) y en los extremos de los intervalos de símbolo, esto es, en  $t=nT_s$  (Figura 10).
- 40 La decisión de los datos transmitidos a partir de las muestras (36) de la trayectoria de fase es un problema conocido y puede considerarse obvia para un experto en la materia. Para la estimación de los datos se puede considerar únicamente el valor digital de fase correspondiente al ciclo de recepción actual y el correspondiente al ciclo de recepción inmediatamente anterior. Alternativamente para la estimación de los datos se puede considerar un subconjunto de todos los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento.
- 45

Además, a partir de los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento, puede realizarse una estimación de la desviación del intervalo de sensibilidad respecto de su posición óptima. Esta información puede aprovecharse para corregir automáticamente la posición del intervalo de sensibilidad mediante un lazo de control adecuado.

### 5 **Breve descripción del contenido de los dibujos**

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema (1) que realiza el procedimiento objeto de la presente invención.

La Figura 2a muestra las principales señales involucradas en la presente invención.

10 La Figura 2b muestra las principales señales involucradas en la presente invención para un símbolo distinto al representado en la Figura 2a.

La Figura 3 muestra cómo a partir de dos conjuntos de muestras (14) y (15) se obtiene la diferencia de fase entre estos dos conjuntos de muestras.

La Figura 4 muestra, a modo de ejemplo, una trayectoria de fase (37) obtenida para una modulación FSK de cuatro niveles ( $f(-2), f(-1), f(+1), f(+2)$ ) de fase continua.

15 La Figura 5 muestra, a modo de ejemplo, las posibles trayectorias de fase (37) para una modulación FSK de Sunde.

La Figura 6 muestra el diagrama de transiciones de valores de fase para una modulación FSK de Sunde observados en  $t=nT_s+T_s/2$ .

20 La Figura 7 muestra, a modo de ejemplo, las posibles trayectorias de fase (37) para una modulación MSK.

La Figura 8 muestra el diagrama de transiciones de valores de fase para una modulación MSK observados en  $t=nT_s+T_s/2$ .

La Figura 9 muestra el diagrama de transiciones de valores de fase para una modulación MSK observados en  $t=nT_s+3T_s/4$ .

25 La Figura 10 muestra el diagrama de transiciones de valores de fase para una modulación MSK observados en  $t=nT_s$ .

La Figura 11 muestra los detalles de la realización preferida.

### **Descripción de una realización preferida**

30 La realización preferida se describe en la Figura 11. En ella, la señal de radiofrecuencia modulada en frecuencia 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 amplificador (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 igual o muy próximo a la frecuencia de la señal de entrada, mientras que las líneas desfasadoras (26) proporcionan el desfase necesario de  $360^\circ$  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 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.

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, se encuentran almacenadas en un registro de desplazamiento (14), gobernado por la señal digital (5). En cada ciclo de recepción se toman  $N=20$  muestras. Así, el comparador (16), descrito adecuadamente mediante un lenguaje de descripción de circuitos digitales, produce una salida (35) que codifica una de las 20 fases posibles.

El bloque decisor (34) realiza una estimación del dato recibido (3) a partir de la secuencia de valores actual y anteriores de (35). En función del tipo de modulación particular esta estimación puede basarse únicamente en la rotación de fase producida entre el valor actual de (35) y su valor inmediatamente anterior.

El bloque de control (18) genera la señal digital (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 (96) necesarios para que el convertidor digital-analógico (19), seguido del filtro paso-bajo (97) genere la señal de extinción (4) que modifica la ganancia del amplificador (31) al aplicarse a través de la resistencia (27). El bloque de control (18) también genera señales adicionales no representadas para gobernar los bloques (14), (16) y (34).

Cuando está activa, la señal (5) tiene una frecuencia tal que permite obtener 20 muestras de la señal (11) en aproximadamente 21 periodos de la señal (11). Un ligero desplazamiento de la frecuencia de la señal (5) no tiene efectos significativos sobre el funcionamiento del bloque (16), que sigue siendo capaz de producir el valor de fase (35) 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.

El receptor descrito como realización preferida se caracteriza por ser el primer receptor superregenerativo capaz de demodular modulaciones digitales de frecuencia MSK. Ligeras modificaciones en el bloque decisor (34) permiten demodular otros tipos de modulación de frecuencia, como la FSK de Sunde.

Puede recibir señales a diferentes frecuencias dimensionando adecuadamente el resonador (25) y las líneas desfasadoras (26) e incluso substituyendo el conjunto formado por (25) y (26) por otros filtros paso-banda de topología distinta. Asimismo, un experto en la materia no tendrá dificultad en utilizar una topología de oscilador distinta, basada por ejemplo en una estructura Colpitts, una estructura de resistencia negativa o cualquier otra. En función de la frecuencia de recepción, el registro de desplazamiento (14) puede situarse fuera del bloque (17) sin modificar la estructura esencial 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 frecuencia existentes hasta la fecha.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia, **caracterizado** por el hecho de que,
  - a) hace uso de un oscilador superregenerativo gobernado por una señal de extinción,
  - 5 b) la señal de extinción produce una etapa de estabilidad del oscilador superregenerativo seguida por una etapa de inestabilidad del oscilador superregenerativo,
  - c) la secuencia formada por la etapa de estabilidad seguida de la etapa de inestabilidad constituye un ciclo de recepción,
  - 10 d) el instante en el que el oscilador superregenerativo cambia de estable a inestable determina un intervalo de tiempo a su alrededor que constituye un intervalo de sensibilidad,
  - e) en cada ciclo de recepción, la forma de onda generada por el oscilador superregenerativo es un pulso de radiofrecuencia,
  - 15 f) la fase de cada pulso de radiofrecuencia depende de la fase de la señal de entrada en el intervalo de sensibilidad que, a su vez, depende de la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular,
  - g) en cada ciclo de recepción, se toman muestras directamente del pulso de radiofrecuencia mencionado, sin mediar transformación de frecuencia alguna,
  - 20 h) a partir de las muestras obtenidas se obtiene un valor digital de fase que codifica la información de fase de cada pulso de radiofrecuencia generado por el oscilador superregenerativo,
  - i) el conjunto formado por los valores digitales correspondientes al conjunto de ciclos de recepción realizados determina una secuencia temporal de valores de fase,
  - 25 j) la secuencia temporal de valores de fase obtenida está relacionada con la secuencia de frecuencias existente en la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular y permite la decisión de los datos.
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 la reivindicación 1, **caracterizado** porque para la estimación de los datos se consideran únicamente el valor digital de fase correspondiente al ciclo de recepción actual y el correspondiente al ciclo de recepción inmediatamente anterior.
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque para la estimación de los datos se considera un subconjunto de todos los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque a partir de los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento se realiza una estimación de la desviación del intervalo de sensibilidad respecto de su posición óptima y se aprovecha la estimación mencionada para corregir la posición del intervalo de sensibilidad.
- 40

7. Circuito para la desmodulación de señales moduladas en frecuencia, **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 etapa de estabilidad del oscilador superregenerativo seguida por una etapa de inestabilidad del oscilador superregenerativo,
  - c) la secuencia formada por la etapa de estabilidad seguida de la etapa de inestabilidad constituye un ciclo de recepción,
  - d) el instante en el que el oscilador superregenerativo cambia de estable a inestable determina un intervalo de tiempo a su alrededor que constituye un intervalo de sensibilidad,
  - e) en cada ciclo de recepción, la forma de onda generada por el oscilador superregenerativo es un pulso de radiofrecuencia,
  - f) la fase de cada pulso de radiofrecuencia depende de la fase de la señal de entrada en el intervalo de sensibilidad que, a su vez, depende de la frecuencia de la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular,
  - g) en cada ciclo de recepción, se toman muestras directamente del pulso de radiofrecuencia mencionado, sin mediar transformación de frecuencia alguna,
  - h) a partir de las muestras obtenidas se obtiene un valor digital de fase que codifica la información de fase de cada pulso de radiofrecuencia generado por el oscilador superregenerativo,
  - i) el conjunto formado por los valores digitales correspondientes al conjunto de ciclos de recepción realizados determina una secuencia temporal de valores de fase,
  - j) la secuencia temporal de valores de fase obtenida está relacionada con la secuencia de frecuencias existente en la señal modulada en frecuencia que se pretende demodular y permite la decisión de los datos,
8. Circuito según la reivindicación 7, **caracterizado** porque las muestras de los pulsos se toman con un bit de resolución.
9. Circuito según la reivindicación 7, **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.
10. Circuito según la reivindicación 7, **caracterizado** porque para la estimación de los datos se consideran únicamente el valor digital de fase correspondiente al ciclo de recepción actual y el correspondiente al ciclo de recepción inmediatamente anterior.
11. Circuito según la reivindicación 7, **caracterizado** porque para la estimación de los datos se considera un subconjunto de todos los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento.
12. Circuito según cualquiera de las reivindicaciones de las 7 a la 11, **caracterizado** porque a partir de todos o de una parte de los valores digitales de fase obtenidos hasta el momento se realiza una estimación de la desviación del intervalo de sensibilidad respecto de su posición óptima y se aprovecha la estimación mencionada para corregir la posición del intervalo de sensibilidad.

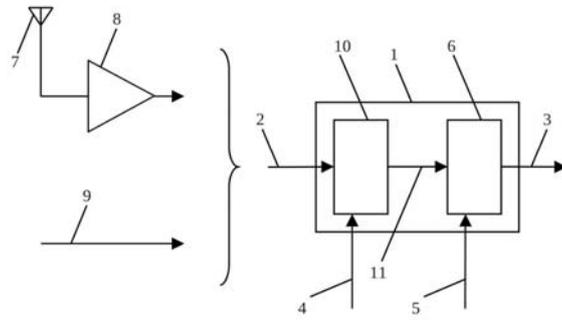


Figura 1

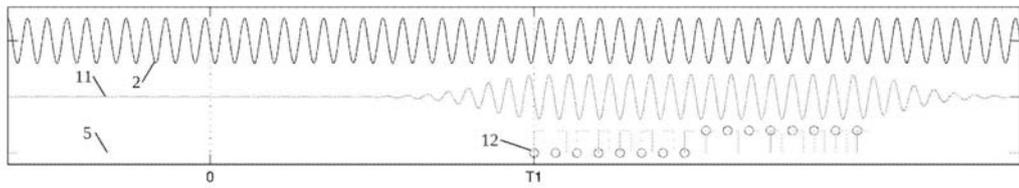


Figura 2a

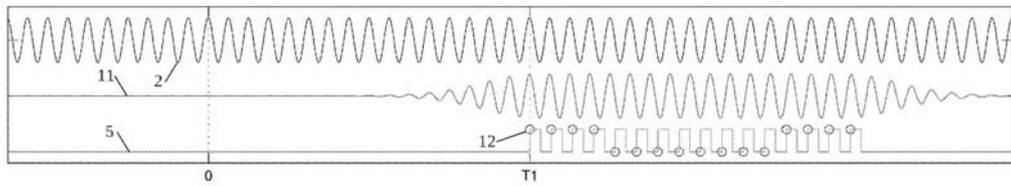


Figura 2b

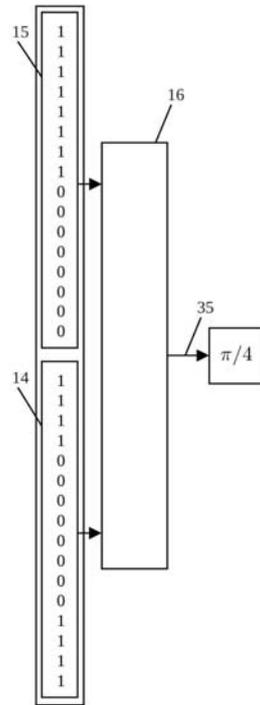


Figura 3

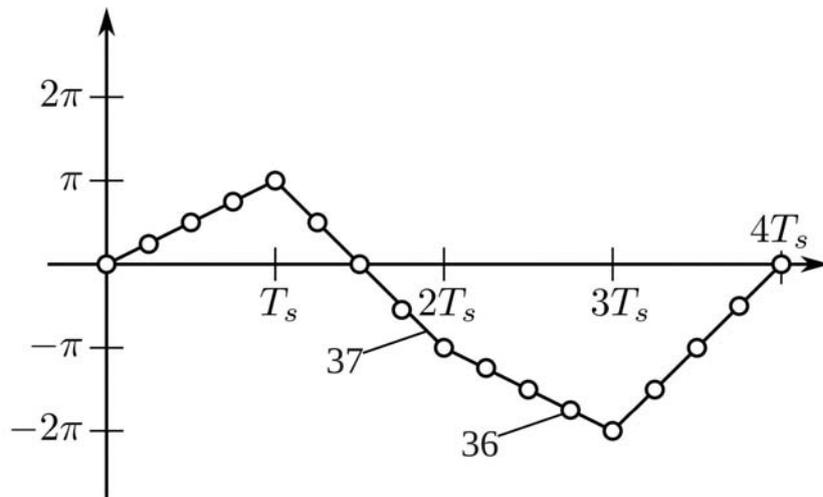


Figura 4

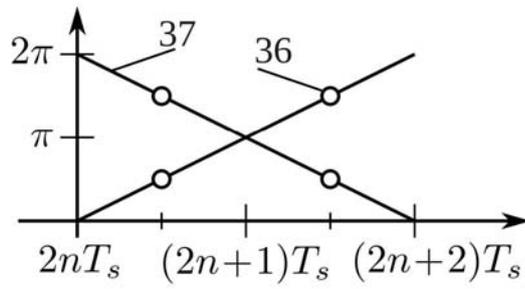


Figura 5

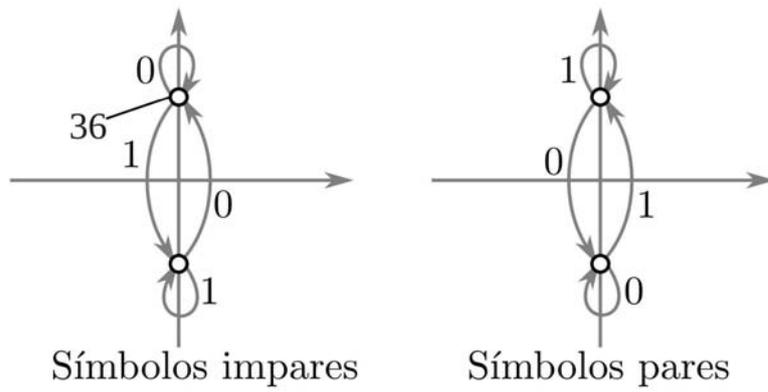


Figura 6

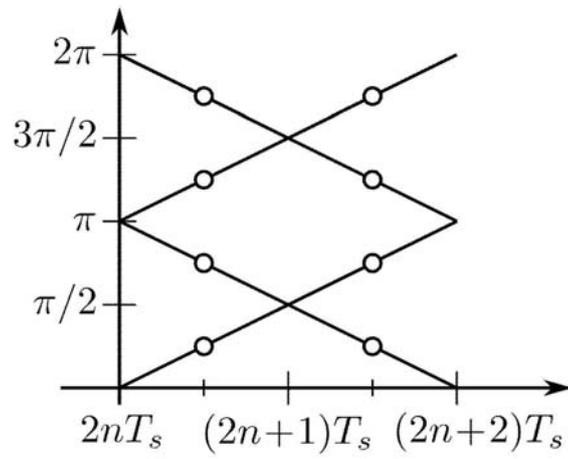


Figura 7

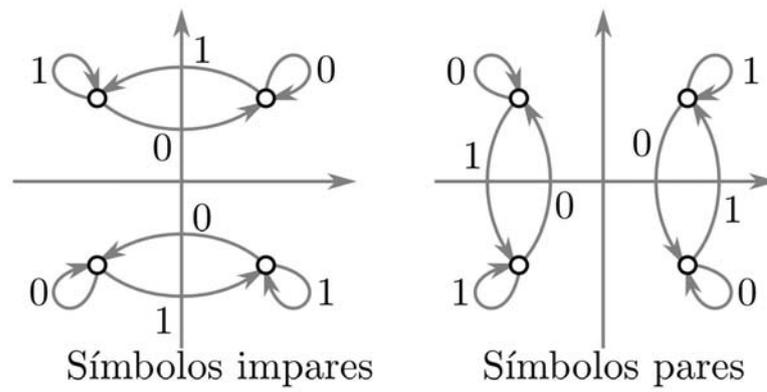


Figura 8

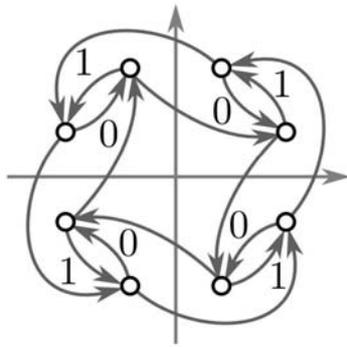


Figura 9

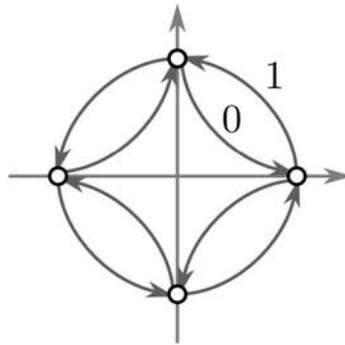


Figura 10

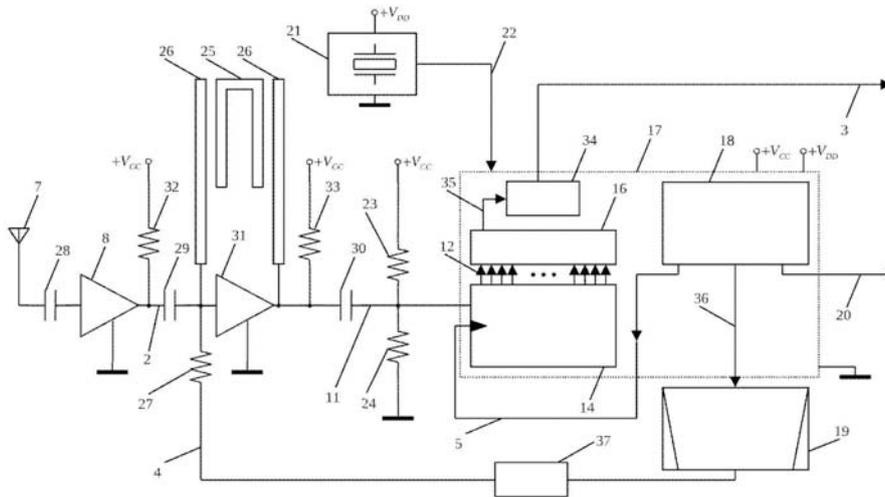


Figura 11



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201430949

②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.06.2014

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H03D11/00** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	PALÀ-SCHÖNWÄLDER PERE et al.. "A Superregenerative QPSK Receiver". IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 20140101 IEEE, US 01.01.2014 vol: 61 nº: 1 págs: 258-265 XP011536829 ISSN 1549-8328.	1-12
A	BONET-DALMAU J. et al.. "Analysis of the envelope and the instantaneous phase and frequency of superregenerative oscillators". Circuits and Systems (ISCAS), 2011 IEEE International Symposium on, 20110515 IEEE 15.05.2011 págs: 2761-2764 XP031998229 ISBN 978-1-4244-9473-6; ISBN 1-4244-9473-7.	1-12

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  
25.05.2015

Examinador  
J. Botella Maldonado

Página  
1/4

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

H03D

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

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.05.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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	PALÀ-SCHÖNWÄLDER PERE et al.. "A Superregenerative QPSK Receiver". IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 20140101 IEEE, US 01.01.2014 vol: 61 nº: 1 págs: 258-265 XP011536829 ISSN 1549-8328.	01.01.2014
D02	BONET-DALMAU J. et al.. "Analysis of the envelope and the instantaneous phase and frequency of superregenerative oscillators". Circuits and Systems (ISCAS), 2011 IEEE International Symposium on, 20110515 IEEE 15.05.2011 págs: 2761-2764 XP031998229 ISBN 978-1-4244-9473-6; ISBN 1-4244-9473-7	15.05.2011

**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 D01 investiga el funcionamiento en el estado estable de un receptor superregenerativo mediante una formulación en el dominio de la frecuencia que permite un estudio detallado de la envolvente y de las frecuencias y fases instantáneas de las señales generadas.

El documento D02 describe un receptor superregenerativo (SR) para señales QPSK explotando el hecho de que un SR produce pulsos que preservan la fase de la señal de entrada. Se toman N muestras con un bit de resolución de cada pulso generado obteniéndose un vector. La comparación de los vectores de pulsos consecutivos mediante un proceso digital simple permite decidir el símbolo recibido además de informar sobre la calidad de la señal y los desplazamientos en frecuencia.

Consideramos que ninguno de estos documentos anticipa la invención tal como se reivindica en las reivindicaciones de la 1ª a la 12ª, ni hay en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia el objeto reivindicado en las citadas reivindicaciones.

Por lo tanto las reivindicaciones de la 1ª a la 12ª poseen novedad y actividad inventiva.