

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 827**

51 Int. Cl.:
G01S 1/00 (2006.01)
H04B 1/707 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07012296 .5**
96 Fecha de presentación: **01.09.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1830199**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **Señales de modulación para un sistema de navegación por satélite**

30 Prioridad:
01.09.2003 GB 0320352

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.05.2012

73 Titular/es:
**Secretary of State for Defence
DSTL Porton Down
Salisbury Wiltshire SP4 0JQ, GB**

72 Inventor/es:
**Pratt, Anthony Richard y
Owen, John Ivor Rewbridge**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 379 827 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Señales de modulación para un sistema de navegación por satélite.

Campo de la invención

5 La invención se refiere a señales, sistemas y métodos de modulación tales como, por ejemplo, señales, sistemas y métodos de guiado o navegación y localización.

Antecedentes de la invención

10 Los Sistemas de Localización por Satélite (SPS –“Satellite Positioning Systems”) se basan en la medición pasiva de señales de exploración radiodifundidas o emitidas por un cierto número de satélites, o equivalentes de transmisión aérea basados en tierra, en una constelación o grupo de constelaciones específicas. Un reloj de a bordo se utiliza para generar una serie de sucesos regular y, habitualmente, continua, a menudo conocidos como ‘épocas’ (*‘epochs’*), cuyo tiempo de ocurrencia se codifica en un código aleatorio o pseudoaleatorio (que se conoce como código de dispersión). Como consecuencia de las características pseudoaleatorias o aleatorias de la secuencia temporal de codificación de épocas, el espectro de la señal de salida se dispersa o ensancha sobre un intervalo de frecuencias determinado por un cierto número de factores que incluyen la proporción o tasa de cambio de los elementos de código en dispersión y el perfil o forma de onda que se utiliza para la señal que se dispersa. Típicamente, la forma de onda que se dispersa es rectangular y tiene un espectro de potencias de función sincrónica.

15 Las señales de exploración se modulan sobre una señal portadora para su transmisión a receptores pasivos. Se conocen aplicaciones que cubren los usos terrestre, aéreo, marino y espacial. Típicamente, se emplea una manipulación por desplazamiento de fase binaria para modular la señal portadora, la cual tiene, en sí misma, una magnitud constante. Por lo común, al menos dos de tales señales son moduladas sobre la misma portadora en cuadratura de fase. La señal portadora resultante retiene su envolvente constante pero tiene cuatro estados de fase dependiendo de las dos señales de entrada independientes. Sin embargo, se apreciará que dos señales modulantes no necesitan tener la misma magnitud de portadora. Es posible que se conserve una magnitud de portadora constante de la señal combinada por medio de la selección apropiada de fases correspondientes distintas de $\pi/2$ radianes.

20 Un ejemplo de semejante sistema de localización por satélite es el Sistema de Localización Global (GPS –“Global Positioning System”). En general, el GPS funciona utilizando un cierto número de frecuencias tales como, por ejemplo, L1, L2 y L5, que están centradas en 1.575,42 MHz, 1.227,6 MHz y 1.176,45 MHz. Cada una de estas señales es modulada por respectivas señales de dispersión. Como se apreciará por los expertos de la técnica, una señal de código de Captación Aproximativa (CA –“Coarse Acquisition”), emitida por el Sistema de Navegación por Satélite CrPS, es radiodifundida por la frecuencia L1 de 1.575,42 MHz con una velocidad de código de dispersión (velocidad de chips o fragmentos) de 1.023 MHz. La CA tiene una forma de onda de dispersión rectangular y está catalogada en la categoría de BPSK-R1. LA estructura de señal de GPS es tal, que la señal radiodifundida por los satélites en la frecuencia L1 tiene una segunda componente en cuadratura de fase, que es conocida como el código de precisión (código P(Y)) y se pone únicamente a disposición de los usuarios autorizados. La señal P(Y) se modula en BPSK (manipulación por desplazamiento de fase binaria –“Binary Phase Shift Keying”) con un código de dispersión a 10,23 MHz y con una magnitud que es 3 dB más baja en potencia de señal que la transmisión del código de CA. En consecuencia, la componente Q [en cuadratura –“Quadrature”] tiene una magnitud que es 0,7071 (-3 dB) de la magnitud de la componente I [en fase]. Se apreciará por los expertos de la técnica que los ángulos de fase de estos estados de estas señales son $\pm 35,265^\circ$ en relación con el eje $\pm I$ (fase de la señal de código de CA según se especifica en la ICD GPS 200C). Un experto de la técnica apreciará también que el código P es una función del código Y o está encriptado o cifrado por este. El código Y se utiliza para cifrar el código P. Un experto de la técnica apreciará que la señal L1, que contiene las dos componentes I & Q, y la señal L2 pueden ser representadas, para un satélite dado, como:

$$S_{L1i} = A_p p_i(t) d_i(t) \cos(\omega_1 t) + A_c c_i(t) d_i(t) \text{sen}(\omega_1 t),$$

y

$$S_{L2i} = B_p p_i(t) d_i(t) \cos(\omega_2 t)$$

donde:

50 A_p y A_c son las amplitudes de los códigos P y de AC; típicamente $A_p = 2A_c$;

B_p es la amplitud de la señal L2;

ω_1 y ω_2 son las frecuencias de portadora de L1 y L2;

$p_i(t)$ representa el código de exploración P(Y) y es una secuencia pseudoaleatoria con una velocidad de chips de 10,23 Mcbps. El código P tiene un periodo de exactamente 1 semana, y toma valores de +1 y -1;

$c_i(t)$ representa el código de exploración de CA y es un código de Gold de 1.023 chips o fragmentos, de manera que toma los valores +1 y -1;

5 $d_i(t)$ representa el mensaje de datos y toma valores de +1 y -1.

Una constelación de satélites comprende, típicamente, 24 o más satélites, a menudo en órbitas similares o similarmente conformadas, pero en diversos planos orbitales. Las transmisiones desde cada satélite son sobre la misma frecuencia de portadora nominal, en el caso de satélites de acceso por división en código (tales como en GPS) o en frecuencias con una relación de proximidad, tales como en GLONASS. Los satélites transmiten diferentes
10 señales con el fin de hacer posible que cada uno de ellos sea seleccionado independientemente, incluso aunque varios satélites sean simultáneamente visibles.

Las señales procedentes de cada satélite, en un sistema de CDMA [acceso múltiple por división en código –“Code Division Multiple Access”] como el GPS, se distinguen unas de otras por medio de los diferentes códigos de dispersión y/o de diferencias en las velocidades de código de dispersión, esto es, las secuencias de $p_i(t)$ y $c_i(t)$. Sin embargo, como se apreciará por el espectro de potencia 100 que se muestra en la Figura 1, sigue habiendo un margen significativo para la interferencia entre las señales transmitidas por los satélites. La Figura 1 muestra espectros de potencia 100 para los códigos de CA y P(Y). El espectro de potencia 102 para el código de CA tiene una potencia máxima en la frecuencia de portadora L1 y ceros en múltiples puntos de la frecuencia fundamental, 1.023 MHz, del código de CA. Puede apreciarse, por ejemplo, que los ceros se producen a cada lado de la frecuencia de portadora, a ± 1.023 MHz, ± 2.046 MHz, etc. Similarmente, el espectro de potencia 104 para el código P(Y) tiene una amplitud máxima centrada en las frecuencias L1 y L2, con ceros que se producen en múltiplos de $\pm 1,23$ MHz, tal y como cabe esperar con una forma de onda de función sincrónica.

Se conoce la práctica de modular adicionalmente los códigos de exploración utilizando una portadora subordinada, o subportadora, esto es, una señal adicional se hace convolucionar con los códigos P y/o los códigos de CA para crear una modulación de Portadora Descentrada Binaria (BOC –“Binary Offset Carrier”), tal y como se conoce en la técnica; véase, por ejemplo, la divulgación de J. W. Betz: “Binary Offset Carrier Modulation for Radionavigation” (“Modulación de Portadora Descentrada Binaria para Radionavegación”), Navigation, Vol. 48, págs. 227-246, invierno del 2001 al 2002. En la Figura 2 se ha ilustrado la modulación de BOC estándar 200. La Figura 2 ilustra la combinación de una porción de un código de CA 202 con una señal subportadora para producir la señal BOC 204 que se utiliza para modular una portadora tal, como, por ejemplo, L1. Puede apreciarse que la señal BOC es una onda rectangular recta y puede representarse, por ejemplo, como $c_i(t) \cdot \text{sign}(\text{sen}(2\pi f_s t))$, donde f_s es la frecuencia de la subportadora. Un experto de la técnica comprende que BOC(f_s , f_c) denota la modulación de Portadora Descentrada Binaria con una frecuencia de subportadora de f_s y una velocidad de código (velocidad de fragmentación) de f_c . El uso de portadoras descentradas binarias da lugar a las siguientes descripciones de señal de las señales emitidas desde el satélite:

$$S_{L1i} = A_m sc_{im}(t) m_i(t) d_i(t) \cos(\omega_1 t) + A_c sc_{ic}(t) g_i(t) d_i(t) \text{sen}(\omega_1 t) = I_{SL1i}(t) + Q_{SL1i}(t),$$

y

$$S_{L2i} = B_m sc_{im}(t) m_i(t) d_i(t) \cos(\omega_2 t)$$

donde:

40 A_m , A_c y B_m son amplitudes;

$m_i(t)$ es una señal de BOC (10,5) en código m;

$g_i(t)$ es un código de intervalo de servicio abierto de Galileo;

$sc_{im}(t)$ representa la señal subportadora para $m_i(t)$;

$sc_{ic}(t)$ representa una señal subportadora para $c_i(t)$;

45 ω_1 y ω_2 son las frecuencias de portadora de L1 y L2.

La Figura 2 también ilustra espectros de potencia para un código de BPSK-R1 y un par de señales de BOC, esto es, la BOC(2,1) y la BOC(10,5). El primer espectro 202 corresponde al código de BPSK-R1. El segundo espectro de potencia 204 corresponde al código de BOC(2,1) y el tercer espectro de potencia 206 corresponde al código de BOC(10,5). Puede apreciarse que los lóbulos laterales 208 de la señal BOC(2,1) tienen magnitudes relativamente grandes. Similarmente, el lóbulo lateral 210 ilustrado de la señal BOC(10,5) tiene una magnitud relativamente

grande. Un experto de la técnica apreciará que la energía contenida en los lóbulos laterales es una fuente de interferencias.

Es un propósito de realizaciones de la presente invención mitigar, al menos, los problemas de la técnica anterior.

Sumario de la invención

5 Ventajosamente, realizaciones de la presente invención proporcionan un control significativamente mayor sobre la forma de los espectros de potencia de las señales, es decir, de la distribución de energía dentro de esas señales.

Breve descripción de la invención

Se describirán a continuación realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 10 La Figura 1 muestra un espectro de potencia de un par de códigos de exploración;
- La Figura 2 ilustra espectros de potencia de un código de exploración (BPSK-R1) y de señales BOC(10,5);
- La Figura 3 ilustra una portadora subordinada, o subportadora, de múltiples niveles;
- La Figura 4 ilustra los estados de fase para al menos un par de subportadoras de múltiples niveles de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- 15 La Figura 5 representa un espectro de potencia de una subportadora de la técnica anterior y de una subportadora de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- La Figura 6 ilustra estados de fase para una subportadora de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- La Figura 7 ilustra subportadoras en fase y en cuadratura de fase de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- 20 La Figura 8 ilustra estados de fase de una subportadora de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Figura 9 muestra subportadoras de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- La Figura 10 representa espectros de potencia de subportadoras de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- La Figura 11 ilustra subportadoras de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- 25 La Figura 12 muestra un perfil o forma de onda de subportadora alternativa de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Figura 13 ilustra una forma de onda alternativa adicional de acuerdo con realizaciones de la presente invención;
- La Figura 14 ilustra esquemáticamente un transmisor que utiliza subportadoras de acuerdo con realizaciones de la presente invención; y
- 30 La Figura 15 ilustra una realización adicional de un transmisor de acuerdo con una realización.

Descripción detallada de los dibujos

- 35 Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra en ella una primera realización de una portadora subordinada, o subportadora, 300. Puede apreciarse que la subportadora es una aproximación de 5 niveles de una señal sinusoidal 302. Puede apreciarse que los niveles de señal son (+1, +1/√2, 0, -1/√2, -1). Se apreciará, por otra parte, que los niveles son proyecciones en sobre el eje x o I de un vector rotativo en ángulos de π/4 radianes y que tiene una magnitud unitaria. Se apreciará, además, que dadas unas componentes en fase y en cuadratura de fase de, por ejemplo, S_{L1i} , es decir, $A_m sc_{im}(t)m_i(t)d_i(t)\cos(\omega_i t) = I_{SL1i}(t)$ y $A_c sc_{ig}(t)g_i(t)d_i(t)\sin(\omega_i t) = Q_{SL1i}(t)$, la magnitud de la señal será tal, que es constante puesto que la proyección de la componente en cuadratura de fase sobre el eje y o Q tomará también los valores (+1, +1/√2, 0, -1/√2, -1).
- 40 Se apreciará que existen, preferiblemente, ciertas restricciones sobre las combinaciones de señales, al menos una de las cuales consiste en que ha de mantenerse una señal de módulo constante. Las limitaciones son (1) que “+1” o “-1” en la componente en fase puede producirse únicamente en combinación con “0” en la componente en cuadratura de fase y viceversa, y (2) que “±1/√2” puede producirse únicamente en ambas fases simultáneamente. Las magnitudes de las componentes en fase y en cuadratura de fase de las señales de dispersión, $SC_{ig}(t)$ o $SC_{im}(t)$
- 45 pueden ser representadas gráficamente en un diagrama de Argand 400, tal como se muestra en la Figura 4. Los perfiles o formas de onda para las componentes I y Q se construyen, por lo tanto, a partir de las siguientes

secuencias de elementos de señal:

Fase I - $(+1/\sqrt{2}, +1, +1/\sqrt{2}, 0)$, que representa una señal +1

Fase I - $(-1/\sqrt{2}, -1, -1/\sqrt{2}, 0)$, que representa una señal -1

Fase Q - $(+1/\sqrt{2}, 0, -1/\sqrt{2}, -1)$, que representa una señal +1

5 Fase Q - $(-1/\sqrt{2}, 0, +1/\sqrt{2}, +1)$, que representa una señal -1

Puede escogerse cualquier combinación de secuencias de señal I o Q a partir del conjunto anterior, dentro de la restricción de una señal de portadora de magnitud constante, computada como $(I^2 + Q^2)^{1/2}$. Será evidente para los expertos de la técnica que existen muchos otros conjuntos o secuencias equivalentes que pueden escogerse a partir del conjunto de 5 niveles y que satisfacen el criterio de una envolvente de portadora constante. Puede apreciarse que cabe pensar que las magnitudes de las subportadoras en los canales I y Q son análogas a los estados de una señal de 8-PSK. En consecuencia, puede pensarse en dicho par de señales, portadora y subportadora, de 5 niveles como señales subportadoras de 8 fases.

La Figura 5 ilustra el efecto de utilizar una forma de onda de subportadora escalonada o de m niveles, siendo $m > 2$. Haciendo referencia a la Figura 5, se muestra en ella un par 500 de espectros de potencia. El primer espectro de potencia 502, ilustrado utilizando la línea de puntos, representa el espectro de una subportadora BOC(2,2). Puede apreciarse que la energía de la subportadora está contenida dentro de unos lóbulos laterales progresivamente decrecientes 504, 506, 508 y 510. El segundo espectro de potencia 512 representa el espectro de potencia de una señal BOC(2,2) que utilizaba señales de subportadora de 8 fases, es decir, amplitudes de 8 fases, representada por BOC8(2,2). Más generalmente, $BOC_m(f_s, f_c)$ representa una señal subportadora de m fases que tiene una frecuencia f_s y una velocidad de fragmentación f_c . Puede apreciarse que el espectro 512 de la señal BOC8(2,2) tiene un cierto número de lóbulos laterales 514, 516, 518, 520, 522 y 524. De estos lóbulos laterales, puede observarse que los lóbulos laterales 1º a 4º se encuentran significativamente reducidos, es decir, comprenden una energía significativamente menor, en comparación con los lóbulos laterales de la señal BOC(2,2), que abarca las mismas frecuencias. La reducción significativa de los lóbulos laterales 1º a 4º puede ser beneficiosa en situaciones en las que un experto de la técnica desea utilizar el espectro de frecuencia abarcado por los lóbulos laterales para otras transmisiones.

Se apreciará por los expertos de la técnica que la BOC8(2,2) tiene propiedades de interferencia significativamente mejoradas, según se determinan utilizando Coeficientes de Separación Espectral (SSCs –“Spectral Separation Coefficients”) y SSCs propios, como se comprende bien por los expertos de la técnica; es decir, el acoplamiento espectral entre una señal de referencia y la BOC(2,2) es mayor que el acoplamiento espectral entre una señal de referencia y la BOC8(2,2). Por ejemplo, una señal BOC8(2,2) exhibe una mejora de entre 10 y 12 dB en el aislamiento espectral, en comparación con una señal BOC(2,2) convencional. Puede encontrarse información adicional acerca de la relación existente entre SSC y señales de acuerdo con realizaciones de la presente invención, por ejemplo, en la divulgación de Pratt & Owen: “BOC Modulation Waveforms” (“Formas de onda de modulación de BOC”), IoN Proceedings, GPS 2003 Conference [Conferencia GPS 2003], Portland, septiembre de 2003, la cual se incorpora a la presente memoria como referencia para todos los propósitos y se deposita con la misma según figura en el apéndice.

Por otra parte, realizaciones de la presente invención utilizan la magnitud y la duración de la subportadora para influir en, es decir, controlar, la energía contenida en los armónicos de la forma de onda modulante que resulta. Por ejemplo, siguiendo con la referencia a la Figura 5, puede apreciarse que aparecen nulos o ceros espectrales adicionales en el espectro de la BOC(2,2) a un corrimiento o descentramiento de sustancialmente 6 MHz y 10 MHz desde la portadora, en tanto que no hay ninguno de tales ceros en la señal BOC(2,2) convencional. La posición de los nulos se ve influida por al menos una de entre la magnitud y la duración de los escalones de la subportadora de múltiples niveles. Más específicamente, los ceros pueden ser dirigidos a las posiciones que se deseen modificando uno de estos dos elementos; es decir, la posición de los ceros se ve influida por estos dos elementos. El Apéndice A contiene una indicación de la relación existente entre los espectros de señales de acuerdo con realizaciones de la presente invención, y la magnitud y duración de los escalones.

Haciendo referencia a la Figura 6, se muestran en ella estados de subportadora o amplitudes para señales I y Q para una señal BOC8 adicional, es decir, una portadora descentrada binaria que tiene 8 estados. Puede apreciarse que los ocho estados pueden ser representados por, o corresponder a, amplitudes de subportadora escogidas del conjunto $(-\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2)$, esto es, cuatro estados o amplitudes de señal, en lugar de los cinco estados o amplitudes de señal anteriormente descritos. Las componentes I y Q se construyen, por tanto, a partir de los

siguientes elementos de señal, tales como $\sqrt{(\cos^2 \vartheta + \sin^2 \vartheta)} = 1$, es decir, $\pm\sqrt{3}/2$ puede tener lugar tan solo en combinación con $\pm 1/2$, de la forma que sigue:

55 Fase I - $(+1/\sqrt{2}, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2)$, que representa un chip o fragmento +1 de una señal de código de

exploración

Fase I - $(-1/\sqrt{2}, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2)$, que representa un fragmento -1 de una señal de código de exploración

Fase Q - $(+\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2)$, que representa un fragmento +1 de una señal de código de exploración

Fase Q - $(-\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2)$, que representa un fragmento -1 de una señal de código de exploración.

5 Se apreciará que los estados 1 a 8 que se han mostrado en la Figura 6 no están dispuestos en posiciones equidistantes circunferencialmente. Las transiciones entre los estados 2 & 3, 4 & 5, 6 & 7, 8 & 1 son más grandes en
 10 santo o escalón angular que las transiciones entre los estados 1 & 2, 3 & 4, 5 & 6, 7 & 8. Se apreciará que, cuando estos estados se traducen a amplitudes de subportadora, la duración de una amplitud dada dependerá de la
 15 duración o tiempo en reposo de un estado correspondiente, es decir, las duraciones para las que la subportadora permanece en cualquier estado dado pueden no ser ya iguales, a diferencia de los estados de la Figura 4 anterior. Los tiempos de reposo o muertos son un aspecto de elección de diseño, tal como, por ejemplo, con vistas a
 20 minimizar la diferencia cuadrática media entre una forma de onda escalonada y una senoide. La Figura 7a ilustra las subportadoras 700 y 702 correspondientes a los estados que se han mostrado en la Figura 6. Puede apreciarse que las duraciones de, o dentro de, cada estado de las subportadoras 700 y 702 son iguales. Las magnitudes de subportadora de canal Q seguirán sustancialmente el mismo patrón o configuración que se ha descrito
 25 anteriormente, pero desplazadas en fase $\pi/2$ radianes. La subportadora 702 para el canal Q se ha mostrado en forma de puntos en la Figura 7. Se apreciará que dichas subportadoras proporcionan una magnitud de envolvente constante puesto que $(I^2 + Q^2)^{1/2} = 1$ para todas las combinaciones de amplitud. Sin embargo, con referencia a la
 30 Figura 7b, se muestra en ella un par de subportadoras 704 y 706 en las que las duraciones en cada estado son desiguales. Se apreciará que no todas las combinaciones de amplitud satisfacen $(I^2 + Q^2)^{1/2} = 1$. La señal transmitida, por lo tanto, no tendrá una envolvente constante.

Se apreciará por parte de los expertos de la técnica que un semiciclo escalonado de la subportadora corresponde a un chip o fragmento. Sin embargo, pueden llevarse a cabo otras realizaciones en las que otros múltiplos de
 25 semiciclos corresponden a un fragmento. Por ejemplo, pueden llevarse a efecto realizaciones en las que dos semiciclos de una subportadora corresponden a un fragmento. En tales realizaciones, las señales para los canales I y Q serán:

Fase I - $(+1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2)$, que representa una señal +1

Fase I - $(-1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2)$, que representa una señal -1

Fase Q - $(+\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2)$, que representa una señal +1

30 Fase Q - $(-\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2)$, que representa una señal -1.

Similarmente, realizaciones llevadas a cabo utilizando tres semiciclos por fragmento producirán

Fase I - $(+1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2)$, que representa una señal +1

Fase I - $(-1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2)$, que representa una señal -1

Fase Q - $(+\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2)$, que representa una señal +1

35 Fase Q - $(-\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2, +\sqrt{3}/2, +1/2, -1/2, -\sqrt{3}/2, -\sqrt{3}/2, -1/2, +1/2, +\sqrt{3}/2)$, que representa una señal +1

Un experto de la técnica apreciará que lo anterior puede extenderse a n semiciclos de una subportadora por cada fragmento de código de exploración.

Se apreciará que pueden utilizarse otras fases para describir las subportadoras. Por ejemplo, las componentes de fase y de amplitud de 16-PSK pueden ser utilizadas para crear subportadoras BOC16 que tienen 9 niveles,
 40 suponiendo que el primer estado se encuentra en $(+1, 0)$. Si se utiliza m-PSK, pueden utilizarse estados de fase para producir señales de subportadora de $(m+2)/2$ niveles. En consecuencia, el ajuste de $m = 2$ proporciona la BPSK convencional y una subportadora de dos niveles. El ajuste de $m = 4$ proporciona una subportadora de 3 niveles, es decir, la subportadora BOC4, el ajuste de $m = 8$ produce una subportadora de 5 niveles, es decir, la modulación de BOC8, y el ajuste de $m = 16$ da lugar a una subportadora de 9 niveles, que corresponde a una modulación de
 45 BOC16.

Se apreciará que pueden llevarse a cabo diversas otras variaciones adicionales en la asignación de estados de código y de datos a las posiciones de fase. Por ejemplo, la rotación de los estados, mostrada en la Figura 4, de $22,5^\circ$
 50 conduce a una reasignación de los ángulos asociados con los estados desde los ángulos $(0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ)$ hasta los ángulos $(22,5^\circ, 67,5^\circ, 112,5^\circ, 157,5^\circ, 202,5^\circ, 247,5^\circ, 292,5^\circ, 337,5^\circ)$. De nuevo, se apreciará que esto no causa un cambio en el módulo del espectro y, de nuevo, el número requerido de niveles de amplitud se reduce de 5 a 4, es decir, puede utilizarse la m-PSK para realizar $[(m+2)/2-1]$ amplitudes de acuerdo con

una rotación y un alineamiento apropiados de los estados de fase. Las formas de onda resultantes para las componentes I y Q se construyen, en este caso, a partir de las siguientes secuencias de elementos de señal:

Fase I - (+cos(67,5°), +cos(22,5°), +cos(22,5°), +cos(67,5°)), que representa una señal +1

Fase I - (-cos(67,5°), -cos(22,5°), -cos(22,5°), -cos(67,5°)), que representa una señal -1

5 Fase Q - (+sen(67,5°), +sen(22,5°), -sencos(22,5°), -sen(67,5°)), que representa una señal +1

Fase Q - (-sen(67,5°), -sen(22,5°), +sencos(22,5°), +sen(67,5°)), que representa una señal -1

Debe apreciarse que las secuencias de elementos de señal I y Q para los casos anteriormente descritos son ortogonales a lo largo de toda la duración de un impulso de dispersión (chip). Claramente, son posibles otras rotaciones y estas darán como resultado conjuntos de elementos de señal ortogonales.

10 Una forma alternativa de representar lo anterior es por medio de una tabla de estados. Supóngase que se ha llevado a cabo una realización de una modulación de BOC8 con estados equidistantes y que el primer estado tiene un ángulo de fase de $\pi/8$ radianes (22,5°), tal y como se muestra en la Figura 8, que se corresponde con los valores anteriores. La secuencia de estados de fase requerida para cada componente de señal de código de exploración I y Q, suponiendo que los códigos de exploración realizan la transición de forma sustancialmente simultánea y se desea
15 mantener una envolvente de salida sustancialmente constante, entonces los estados para las subportadoras vendrán dados por:

Tabla 1 - Secuencia de estados para elementos de señal I & Q de BOC8(x,x)

I	Q	t1	t2	t3	t4
+1	+1	2	1	8	7
-1	+1	3	4	5	6
+1	-1	7	8	1	2
-1	-1	6	5	4	3

Se apreciará que la subportadora correspondiente a los estados de fase de la Tabla 1 comprende un semiciclo por cada chip o fragmento de código de exploración. Por otra parte, el sentido del vector de fase o fador es horario, o de giro de las agujas del reloj, cuando I y Q son iguales, y antihorario, o contrario al de giro de las aguas del reloj, en caso contrario. Resultará evidente que las secuencias de elementos de señal o las secuencias de estado son secciones (específicamente, secciones de semiciclo en el aspecto de la invención anteriormente divulgado) de una sinusoide muestreada o cuantizada. El concepto puede, por lo tanto, ser extendido de manera que incluya una multiplicidad de tales muestras. Esas variantes, que parecen ser de utilidad, incluyen los casos con muestras
20 tomadas de un número finito de semiciclos; esto es, en lugar de que, por ejemplo, un valor de canal I de +1 sea representado por los estados de 2, 1, 8 y 7, este puede ser representado utilizando algún otro número de estados, tal como, por ejemplo, 2, 1, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 8, 7, esto es, por tres semiciclos de la muestra o sinusoide cuantizada. La Tabla 2 ilustra los estados de fase para dicha realización y está basada en el diagrama de estados de fase de la Figura 4 para muestras, pero utilizando tres semiciclos (o un número arbitrario de semiciclos) de la forma de onda sinusoidal. La sinusoide o porción o múltiplo de semiciclos de la misma se conoce como la 'forma de onda de base'. Un experto de la técnica constatará que pueden ser utilizadas otras formas de onda de base, tales como, por ejemplo, una forma de onda triangular o un conjunto de formas de onda perpendiculares entre sí.

Tabla 2 - Secuencia de estados para elementos de señal I & Q de 8-PSKI con 1/2 ciclos de subportadora por modulación de chip

I	Q	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12
+1	+1	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7
-1	+1	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
+1	-1	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
-1	-1	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3

Tabla 3 - Secuencia de estados para elementos de señal I & Q de 8-PSK con dos semiciclos de subportadora por modulación de chip

I	Q	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
+1	+1	2	1	8	7	6	5	4	3
-1	+1	3	4	5	6	7	8	1	2
+1	-1	7	8	1	2	3	4	5	6
-1	-1	6	5	4	3	2	1	8	7

Un experto de la técnica apreciará que se ha supuesto en las Tablas 1 a 3 que las transacciones de chip I y Q suceden de forma sustancialmente simultánea y, por otra parte, que las subportadoras I y Q adoptan la forma, respectivamente, de perfiles o formas de onda senoidales y cosenoidales. Sin embargo, pueden llevarse a cabo realizaciones en las que las transiciones de chip de código de exploración no se producen de forma sustancialmente simultánea, de tal manera que las subportadoras correspondientes a los chips de código de exploración I y Q pueden haberse dispuesto para adoptar la forma de un par de ondas senoidales cuantizadas.

Se observará que existen 4 muestras temporales para cada 1/2 ciclo de forma de onda. La forma de onda sinusoidal escalonada puede verse como una modulación de subportadora de la forma de onda de dispersión básica. El número de muestras temporales y de canales de transporte de información independientes está relacionado con el número de estados de fase que la señal portadora tiene en su representación. Si bien los ejemplos anteriores han utilizado estados de fase que son 'potencias de 2', pueden llevarse a cabo realizaciones en las que se utilice algún otro número. Por ejemplo, puede utilizarse una señal portadora de 6-PSK para transportar 2 canales binarios de transporte de información independientes. En este caso, tan solo se requieren 3 muestras de elementos de señal por cada chip de código transmitido.

Un experto de la técnica se da cuenta de que el reemplazo de la senoide escalonada por una onda rectangular en la que la duración de cada elemento es igual a un 1/2 ciclo de la senoide, es bien conocido en la técnica. Como se ha indicado anteriormente, esto se conoce como modulación de 'Portadora Descentrada Binaria'. Existen por lo común 2 atributos adicionales asociados con la descripción de BOC, los cuales se refieren a la frecuencia de la velocidad de fragmentación de código y a la frecuencia de la subportadora descentrada. BOC(2,2) se interpreta, en consecuencia, como una forma de onda con una velocidad de fragmentación de 2,046 MHz y una subportadora descentrada de 2,046 MHz. Esta disposición tiene exactamente dos 1/2 ciclos de señal de subportadora por cada elemento (fragmento) de código.

Un aspecto adicional de realizaciones de la presente invención se refiere al uso de un conjunto de subportadoras para modular códigos de exploración, de tal manera que al menos una o más de las subportadoras, o todas ellas, son formas de onda de múltiples niveles. Un experto de la técnica puede pensar en tales realizaciones como modulación de la señal subportadora por una señal subportadora adicional. La señal resultante transmitida por un satélite ith o sistema que tiene una frecuencia de portadora de ω_i , para una subportadora adicional, tendrá la forma:

$$S_i(t) = A_m sc_{jm}(t) sc_{im}(t) m_i(t) d_i(t) \cos(\omega_i t) + A_c sc_{jg}(t) sc_{ig}(t) g_i(t) d_i(t) \sin(\omega_i t) = I_{Si}(t) + Q_{Si}(t)$$

donde:

$sc_{im}(t)$ y $sc_{jm}(t)$ representan primeros códigos de exploración respectivamente de unas primera y segunda señales subportadoras, tales como, por ejemplo, códigos m; y

$sc_{ig}(t)$ y $sc_{jg}(t)$ representan segundos códigos de exploración de unas primera y segunda señales de subportadora, tales como, por ejemplo, códigos de Gold. En general para n subportadoras, la señal tendrá la forma:

Ha de apreciarse que pueden llevarse a cabo realizaciones en las que $sc_{jm}(t)$ y $sc_{jg}(t)$ son iguales o diferentes.

$$S_i(t) = A_m \prod_{j=1}^n sc_{ijm}(t) m_i(t) d_i(t) \cos(\omega_i t) + A_c \prod_{j=1}^l sc_{ijg}(t) g_i(t) d_i(t) \sin(\omega_i t) = I_{Si}(t) + Q_{Si}(t)$$

donde $\prod_{j=1}^n sc_{ijm}(t)$ y $\prod_{j=1}^l sc_{ijg}(t)$ representan el producto de las subportadoras para los primer y segundo códigos de explotación, tales como, por ejemplo, los códigos m y de Gold.

Si bien es posible utilizar más de una subportadora, realizaciones prácticas se servirán, típicamente, de 2 subportadoras. La modulación que utiliza un par de subportadoras se conoce como modulación de Portadora Descentrada Binaria Doble (DBOC –“Double Binary Offset Carrier”). La modulación que utiliza tres subportadoras se conoce como modulación de Portadora Descentrada Binaria Triple (TBOC –“Triple Binary Offset Carrier”), y así sucesivamente, de tal modo que la modulación que utiliza un m-tuplo de subportadoras se conoce como de Portadora Descentrada Binaria M-tuple (MBOC –“M-tuple Binary Offset Carrier”). Como se ha mencionado anteriormente, una o más de una de las subportadoras pueden estar escalonadas, es decir, tener magnitudes relacionadas con respectivos estados de fase.

Como ejemplos de este aspecto de la invención, la Figura 9 ilustra un par de formas de onda 900. En la Figura 9, como ilustración de la invención de MBOC, se supone que las formas de onda de base de subportadora son binarias, y tan solo se muestra una única forma de onda 902 de subportadora. La duración temporal de la Figura 9 es de 512 muestras y coincide exactamente con el intervalo de una duración de elemento de código (chip o fragmento). La primera subportadora 902 contiene 4 semiciclos de una subportadora por fragmento de código de exploración, según se ilustra por la forma de onda en línea de puntos. Si esta fuera la única componente de subportadora, la modulación sería de un tipo de BOC(2x,x), donde x es la frecuencia de la velocidad de código (velocidad de fragmentación). Sin embargo, puede apreciarse que se ha utilizado una segunda subportadora (no mostrada) que tiene 16 semiciclos por cada 512 muestras con el fin de producir la forma de onda modulada 904 que se ha de combinar con la portadora de señal de satélite. La forma de onda modulada se muestra por la curva en línea continua. Como resultado de la modulación (multiplicación) de las dos subportadoras, la forma de onda resultante 904 tiene inversiones de fase para la segunda subportadora 904, siempre que exista una inversión de la señal en la primera subportadora 902. Esto es claramente evidente en la Figura 9, en los puntos 906, 908 y 910, donde las transiciones de la segunda subportadora (no mostrada) habrían sido opuestas. La modulación resultante se denota como Doble BOC o DBOC. En el caso de la Figura 9, la modulación es DBOC(8x,(2x,x)), es decir, existen 8 semiciclos de la segunda subportadora por cada fragmento del código de exploración (no mostrado). La parte principal de la energía se concentra en torno a las frecuencias $\pm 8x$ desde la señal portadora, con un espectro de joroba doble a modo de BOC.

Haciendo referencia a la Figura 10, se muestra en ella un par de espectros de potencia 1000. Un primer espectro de potencia 1002 se refiere a una señal DBOC8(16,(2,2)). Se apreciará que al menos una de las primera y segunda subportadoras utilizadas para crear la señal DBOC8(16,(2,2)), comprendía amplitudes deducidas de 8 estados de fase correspondientes. En la realización específica que se muestra, la primera subportadora era la señal de múltiples niveles. Se apreciará que la nomenclatura para representar la modulación de DBOC o subportadoras es DBOCa(b,c(d,e)), donde a y c representan el número de estados de fase, es decir, amplitudes, de las subportadoras que tienen frecuencias b y d, respectivamente. El segundo espectro 1004 se refiere a una señal BOC8(2,2). El espectro mostrado se ha hecho utilizando un aspecto previo de la invención, cual es el uso de subportadoras de múltiples niveles o de subportadoras que tienen más de dos estados de fase, en combinación con el concepto de BOC Doble. Las formas de onda para las modulaciones I y Q para el espectro de la Figura 10 se muestran en la Figura 11. Haciendo referencia a la Figura 11, se muestra en ella un par 1100 de formas de onda. El primer par de formas de onda 1102, que representa el canal I de la forma de onda de dispersión, comprende una señal 1104 de BOC(2,2) de múltiples niveles o escalonada, representada por la línea continua, y una señal BOC(2,2) 1106 modulada por subportadora a 16 MHz, representada por la línea de puntos. Se apreciará que la señal BOC(2,2) modulada por subportadora a 16 MHz se ha producido multiplicando la BOC8(2,2), es decir, la señal BOC(2,2) escalonada, por una forma de onda rectangular a 16 MHz (no mostrada) que tiene amplitudes de ± 1 . La segunda forma de onda 1108, que representa el canal Q, comprende una señal BOC(2,2) 1110 en cuadratura, conjuntamente con una señal BOC(2,2) 1112 modulada por subportadora a 16 MHz. Puede apreciarse que la primera subportadora 1104 o 1110 es una subportadora de acuerdo con una realización de la presente invención que se ha descrito anteriormente, en tanto que la segunda subportadora (no mostrada) consiste, en ambos casos, en formas de onda rectangulares binarias convencionales, es decir, subportadoras convencionales. Puede apreciarse que existen regiones 1114 de solapamiento entre las dos subportadoras BOC(2,2) 1104 y 1110 y sus productos resultantes, esto es, las señales BOC(2,2) 1106 y 1112 moduladas por subportadora a 16 MHz. En las regiones de solapamiento 1114, las formas de onda tienen el mismo perfil de amplitud.

Una ventaja de las realizaciones de las señales mostradas en la Figura 11 es que el canal o componente I se ha producido como, o representa, modulación o señal DBOC8, en tanto que el canal Q se ha producido utilizando, o representa, modulación de BOC8. Sin embargo, esta disposición sigue conservando, o proporcionando, una señal portadora de envolvente sustancialmente constante que se ha de emitir desde el satélite.

Se han descrito realizaciones de la presente invención con referencia a las señales de subportadora que son periódicas. Sin embargo, pueden llevarse a cabo realizaciones en las que la señal subportadora comprende una señal de ruido pseudoaleatoria. Por otra parte, pueden llevarse a cabo realizaciones en las que el perfil de la subportadora adopta una forma distinta de la escalonada, es decir, una onda de múltiples niveles o aproximación cuantizada de una forma de onda sinusoidal. Pueden utilizarse, por ejemplo, formas de onda pulsantes de múltiples niveles, formas de onda periódicas de múltiples niveles o formas de onda aperiódicas de múltiples niveles, tales como la señal mostrada en la Figura 12, de acuerdo con la influencia que un experto de la técnica desea que la modulación resultante tenga en el espectro de potencia de la señal transmitida y/o en cualquier medición apropiada

de la interferencia, tal como, por ejemplo, SSC o SSCs propios.

Haciendo referencia a la Figura 13, se muestra en ella una forma de onda 1300 de subportadora de acuerdo con una realización adicional de la presente invención, juntamente con un chip o fragmento 1302 de un código u otra forma de onda tal como, por ejemplo, otra subportadora. Puede apreciarse que la subportadora comprende una primera porción de una forma de onda de BOC(5,1), en las secciones o tramos de 100 ns, combinada con porciones de una forma de onda de BOC(1,1), en las porciones de 400 ns, para producir una subportadora global. Se apreciará que el espectro de la forma de onda de BOC(5,1) tendrá un pico a $5 \times 1,023$ MHz y la forma de onda de BOC(1,1) tendrá un pico a $1 \times 1,023$ MHz. En consecuencia, un experto de la técnica aprecia que el hecho de combinar selectivamente las subportadoras de BOC permite a un experto de la técnica colocar o reubicar los picos de la subportadora global. De nuevo, puede apreciarse que la subportadora utilizada, por ejemplo, para modular los códigos de exploración se ha deducido de más de una subportadora. Si bien la señal descrita en relación con la Figura 13 se ha obtenido de las subportadoras BOC(5,1) y BOC(1,1), pueden llevarse a cabo realizaciones en las que se emplean otras combinaciones de subportadoras BOC. En efecto, las señales BOC(5,1) y BOC(1,1) se han multiplexado o combinado selectivamente con el fin de producir una señal subportadora global. Se apreciará que es posible llevar a cabo otras secuencias para las subportadoras de acuerdo con un efecto deseado sobre el espectro de potencia de una señal transmitida. Por ejemplo, una subportadora puede realizarse utilizando una secuencia pseudoaleatoria como subportadora, en lugar de las modulaciones escalonadas. El uso de secuencias adicionales a la del código de dispersión principal ha venido estando limitado, hasta ahora, a su uso como código en escalones, el cual cambia de estado tras cada intervalo completo de repetición de código. Los códigos L5 de GPS se construyen de esta manera, utilizando secuencias de Neumann Hoffmann de longitud 10 o 20 para extender un código de 1 ms (de 10.230 fragmentos o elementos) a 10 ms o 20 ms. El uso de un intervalo de fragmento de subcódigo no se había considerado anteriormente. Una secuencia completa (una subsecuencia) tiene una duración de un fragmento de código o, al menos una pluralidad de fragmentos de código. Esta cumple un papel similar a la modulación subalterna según se ha descrito previamente, por cuanto que controla el espectro de las emisiones. Una propiedad de dicha subsecuencia es que tales subsecuencias pueden ser escogidas de manera que sean comunes entre una constelación de satélites o un subconjunto de la constelación. Uno de tales subconjuntos puede ser un grupo de transmisores terrestres que proporcionan un elemento local o un aumento del segmento de espacio del sistema. Pueden realizarse, por ejemplo, amplitudes de subportadora que tienen una secuencia -++++-----+ en 10 intervalos de subfragmento, u otra secuencia de +1s y -1s por cada fragmento de código de exploración u otro fragmento de subportadora de acuerdo con el efecto deseado en el espectro de la señal resultante. Ejemplos tales como las secuencias de intervalos de 7 subfragmentos incluirán +-+---, +++---, +-+-+--, y pueden escogerse de manera que proporcionen un control similar sobre el espectro emitido.

Haciendo referencia a la Figura 14, se muestra en ella esquemáticamente un transmisor 1400 de acuerdo con una realización de la presente invención. El transmisor 1400 comprende medios 1402, es decir, un generador, para generar o seleccionar los códigos de exploración para la transmisión. Se apreciará por parte de los expertos de la técnica que tales códigos de exploración pueden ser generados mediante, por ejemplo, implementaciones de registro de desplazamiento. Puede apreciarse que los medios 1402 de selección y/o generación de códigos de exploración se han ilustrado de manera que producen $g_i(t)$ y $m_i(t)$. Estos códigos son suministrados a unos mezcladores respectivos 1404 y 1406. Los mezcladores 1404 y 1406 se han dispuesto para combinar los códigos de exploración con subportadoras de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Respectivos generadores 1408 y 1410 de subportadora generan las subportadoras. Opcionalmente, una señal de datos, $d_i(t)$, se mezcla también, preferiblemente, con los códigos de exploración y las subportadoras. La duración de un bit de la señal de datos es, normalmente, un múltiplo entero del intervalo de repetición de código. Por ejemplo, en el código de CA de GPS, esta es 20 veces el intervalo de repetición de código de 1 ms; es decir, la velocidad de transmisión de datos es 50 bps [bits por segundo]. Las señales mezcladas 1412 y 1414 se suministran a un par adicional de mezcladores 1416 y 1418, en los que son mezcladas con señales en fase y en cuadratura de fase producidas a través de un conjunto 1420 de oscilador y dispositivo de desplazamiento o corrimiento de fase. Las señales adicionales mezcladas 1422 y 1424 se combinan por medio de un dispositivo combinatorio 1426 y se suministran como salida para su subsiguiente conversión en sentido ascendente por medio de un convertidor en sentido ascendente 1428 apropiado. La salida procedente del convertidor en sentido ascendente 1428 se suministra a un amplificador de alta potencia 1430 y, a continuación, se filtra mediante un filtro apropiado 1433 para su subsiguiente transmisión a través de, por ejemplo, un satélite u otro dispositivo preparado para emitir o transmitir códigos de exploración.

Haciendo referencia a la Figura 15, se muestra en ella una presentación esquemática de un sistema de modulación 1500 de acuerdo con una realización. El sistema 1500 comprende un generador 1502 de código de exploración, destinado a producir un código de exploración. El código de exploración se suministra a una primera tabla de consulta 1504 que comprende estados de fase y a una segunda tabla de consulta 1506 que comprende estados de amplitud. La salida de la tabla de consulta 1504 de estados de fase se utiliza para excitar un modulador de fase 1508, que, a su vez, produce una señal de voltaje o tensión destinada a controlar la fase de un oscilador 1510 controlado por tensión. La salida del oscilador 1510 se combina, por medio de un dispositivo combinatorio 1512, tal como, por ejemplo, un amplificador o multiplicador controlado por ganancia, con una señal suministrada como salida desde la tabla 1506 de estados de amplitud con el fin de producir una subportadora que tiene las características apropiadas.

5 Si bien las anteriores realizaciones se han descrito con referencia al mantenimiento de una envoltura de señal sustancialmente constante, las realizaciones no se limitan a esto. Pueden llevarse a efecto realizaciones en las que se utilizan envolventes de señal de módulo variable. Se apreciará que las limitaciones o restricciones anteriormente descritas, que tienen como propósito conservar la magnitud unitaria de $(I^2 + Q^2)^{1/2}$, no han de aplicarse necesariamente.

Las anteriores realizaciones se han descrito con referencia a los canales I y Q que tienen las mismas velocidades de fragmentación. Sin embargo, las realizaciones no están limitadas por tales disposiciones. Pueden llevarse a cabo realizaciones en las que se emplean diferentes velocidades de fragmentación.

10 Aunque ciertas realizaciones de la presente invención se han descrito con referencia a las frecuencias L1 y L2, las realizaciones no se limitan a tales disposiciones. Pueden llevarse a efecto realizaciones en las que pueden utilizarse otras frecuencias o bandas de frecuencias de acuerdo con los requisitos del sistema que utiliza la invención. Por ejemplo, la banda L inferior (esto es, E5a y E5b), la banda L media (es decir, E6) y superior (esto es, E2-LI-EI) pueden también beneficiarse de las realizaciones de la presente invención. Se apreciará que tales realizaciones
15 pueden hacer uso de señales que tienen al menos tres componentes en lugar de las dos componentes anteriormente descritas.

Por otra parte, se han descrito realizaciones de la presente invención con referencia a la BOC estándar. Un experto de la técnica aprecia, sin embargo, que pueden llevarse a cabo también realizaciones que utilizan BOC alternativa.

20 Se apreciará, por lo demás, que pueden llevarse a cabo realizaciones en las que el número de semiciclos de una subportadora por cada chip o fragmento de un código puede ser al menos uno de entre impar, par, un múltiplo entero o un múltiplo no entero del fragmento, es decir, existe una relación de número racional entre el número de semiciclos de subportadora y la duración de los fragmentos.

25 Ciertas realizaciones de la presente invención anteriormente descritas se han concentrado en el lado de transmisión de la invención, es decir, en la generación, modulación y transmisión de códigos de alcance combinados con una subportadora o subportadoras. Sin embargo, un experto de la técnica apreciará que se requieren un sistema y un método inversos para recibir y tratar las señales. Una vez que un experto de la técnica ha diseñado un sistema para transmitir dichas señales, el diseño de un receptor apropiado es meramente la inversa de las operaciones de transmisión. En consecuencia, las realizaciones de la presente invención se refieren también a un receptor para tratar señales tales como las que se han descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un método para generar una señal de modulación subportadora para modular una señal de exploración de un sistema de guiado o navegación, de tal manera que el método comprende las etapas de multiplexar en el dominio temporal ciertas porciones de unas primera y segunda señales de Portadora Descentrada Binaria, BOC, con el fin de producir la señal de modulación subportadora, de tal manera que la señal de modulación subportadora está configurada para modular la señal de exploración.
- 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicha multiplexación en el dominio temporal comprende multiplexar en el dominio temporal una porción de una señal subportadora BOC(5,1), que abarca 100 ns, y una señal subportadora BOC(1,1), que abarca un intervalo de tiempo de 400 ns.
- 10 3.- Un método para generar una señal de navegación que comprende las etapas de generar una señal de modulación subportadora de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y modular la señal de exploración del sistema de navegación utilizando dicha señal de modulación subportadora generada.
- 4.- Un aparato para generar una señal de modulación subportadora para modular una señal de exploración de un sistema de navegación, de tal manera que el sistema comprende:
- 15 medios para multiplexar en el tiempo porciones de dominio de unas primera y segunda señales de Portadora Descentrada Binaria, BOC, con el fin de producir la señal de modulación subportadora, de tal manera que la señal de modulación subportadora está configurada para modular la señal de exploración.
- 5.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual dichos medios para multiplexar en el dominio del tiempo comprenden medios para multiplexar en el dominio del tiempo una porción de una señal subportadora BOC(5,1), que abarca 100 ns, y una porción de una señal subportadora BOC(1,1), que abarca un intervalo de tiempo de 400 ns.
- 20 6.- Un sistema para generar una señal de navegación, que comprende un aparato para generar una señal de modulación subportadora de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, así como medios para modular la señal de exploración del sistema de navegación utilizando dicha señal de modulación subportadora generada.
- 25 7.- Una señal de modulación subportadora para modular una señal de exploración de un sistema de guiado o navegación, de tal manera que la señal de modulación subportadora comprende porciones multiplexadas en el dominio del tiempo de unas primera y segunda señales de Portadora Descentrada Binaria, BOC, a fin de producir la señal de modulación subportadora, de tal manera que la señal de modulación subportadora está configurada para modular la señal de exploración.
- 30 8.- Una señal de modulación subportadora de acuerdo con la reivindicación 7, en la cual dichas porciones multiplexadas en el dominio del tiempo de las primera y segunda señales BOC son porciones multiplexadas en el dominio del tiempo consistentes en una primera porción de una señal subportadora BOC(5,1), que abarca 100 ns, y una porción de una señal subportadora BOC(1,1) que abarca un intervalo de tiempo de 400 ns.
- 35 9.- Una señal de guiado o navegación que comprende una señal de exploración modulada por una señal de modulación subportadora de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 y 8.
- 10.- Un receptor que comprende medios para procesar o tratar una señal de navegación de acuerdo con la reivindicación 9.

Figura 1

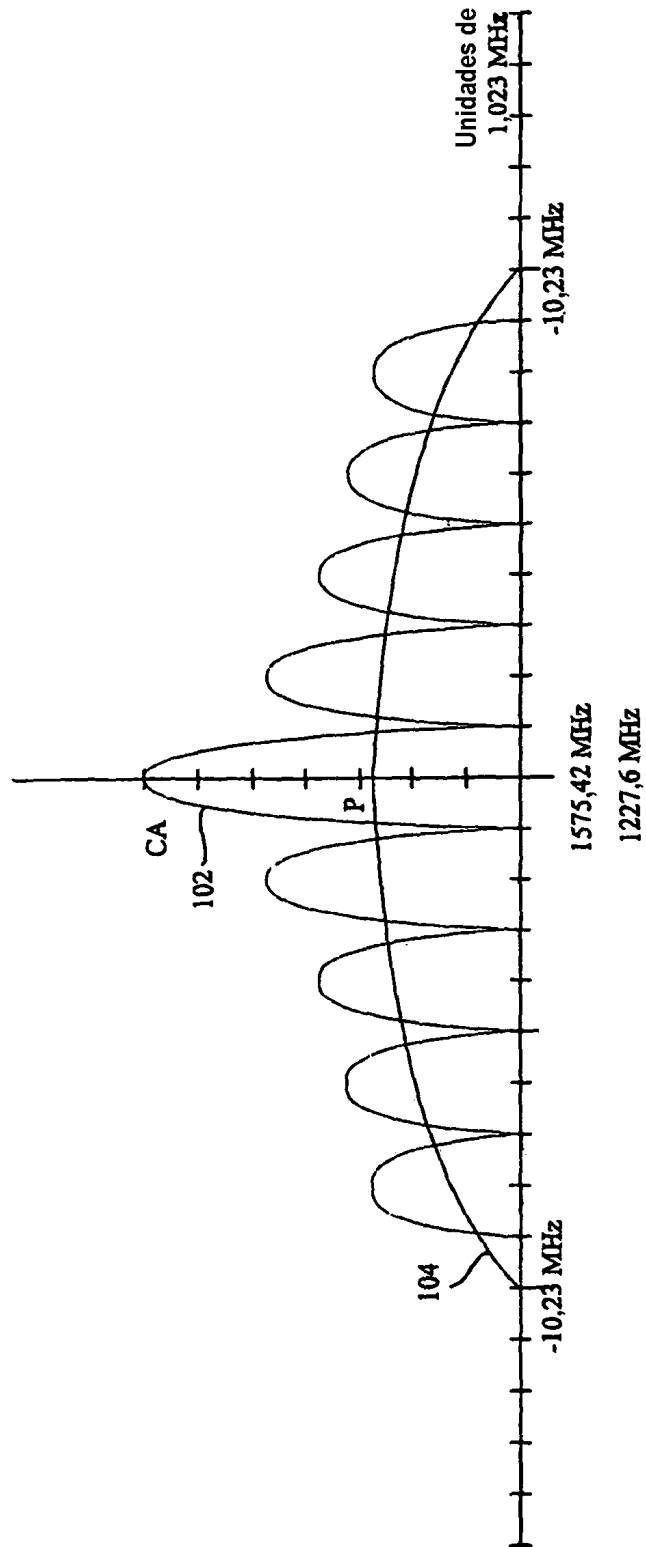
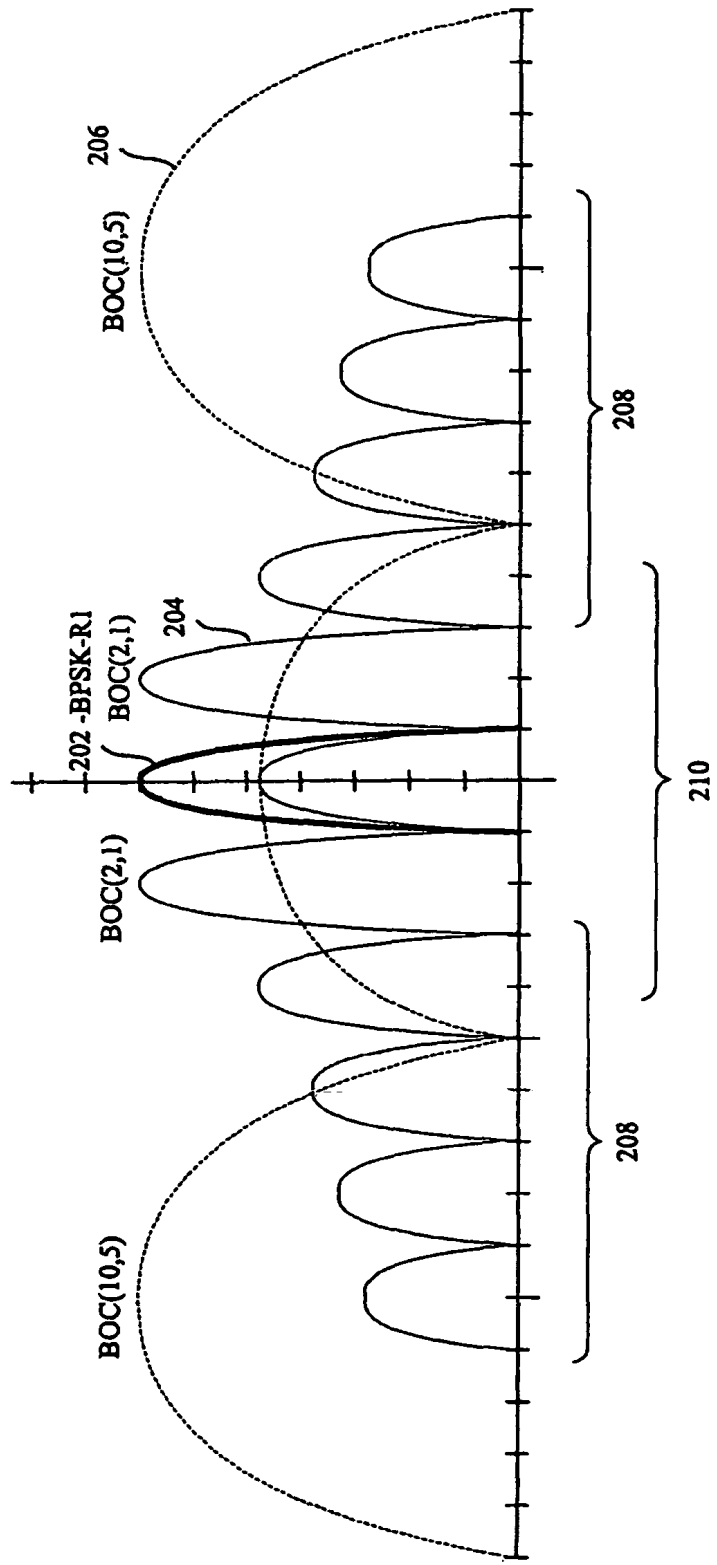
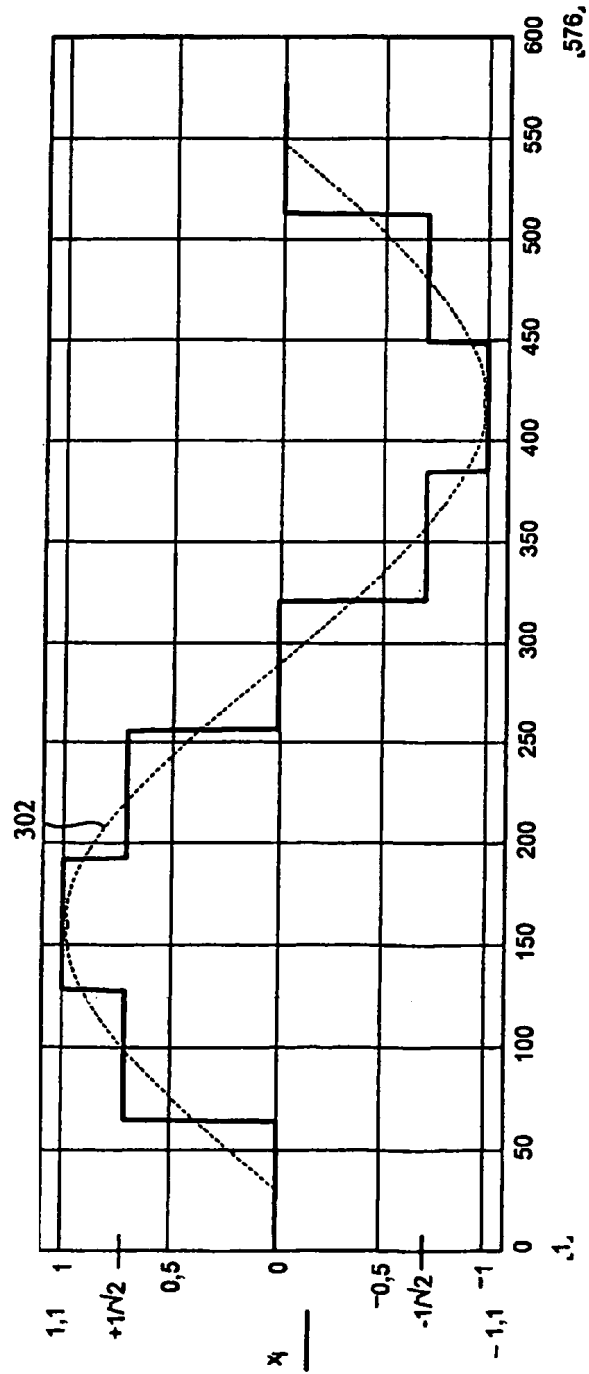


Figura 2



200

Figura 3



300

Figura 4

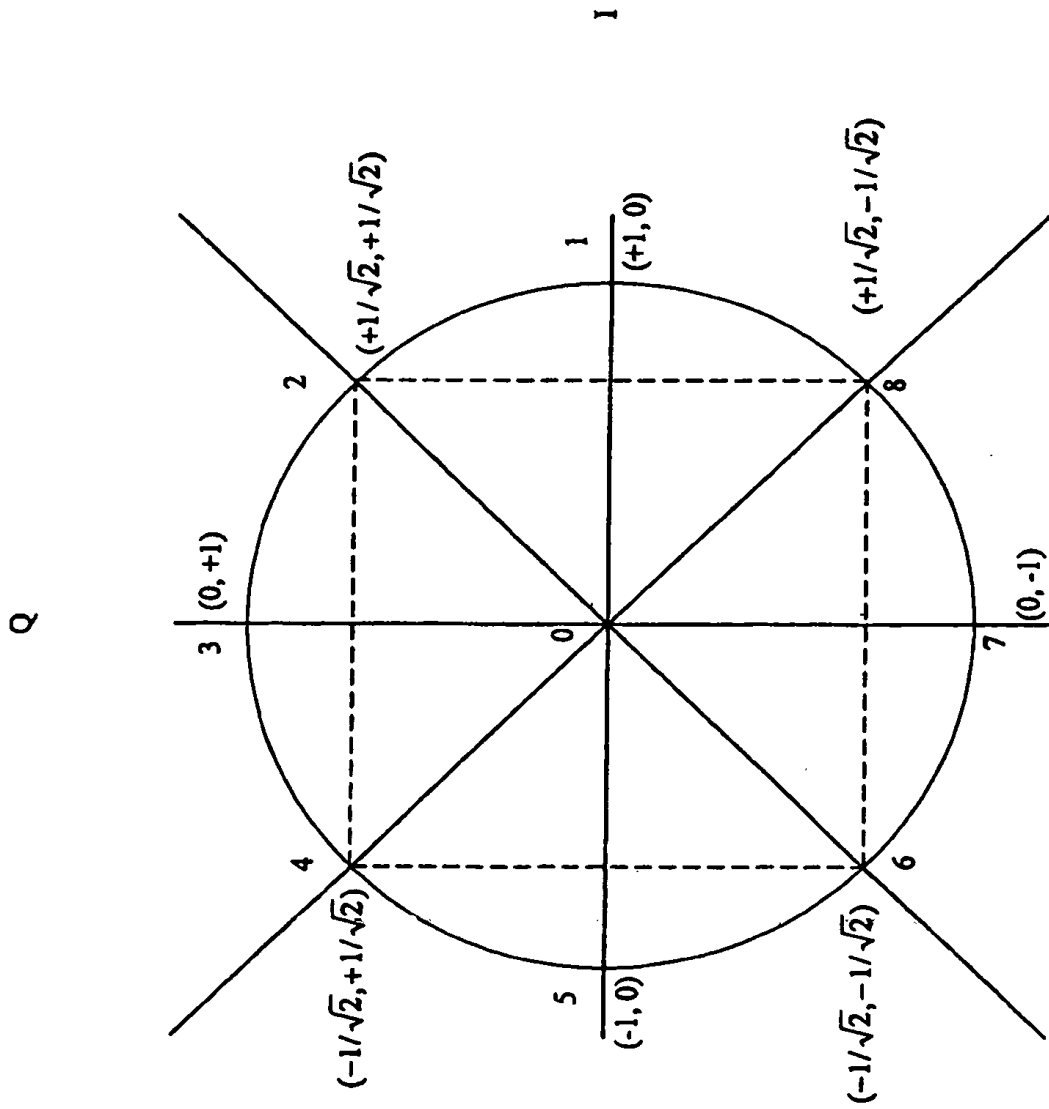


Figura 5

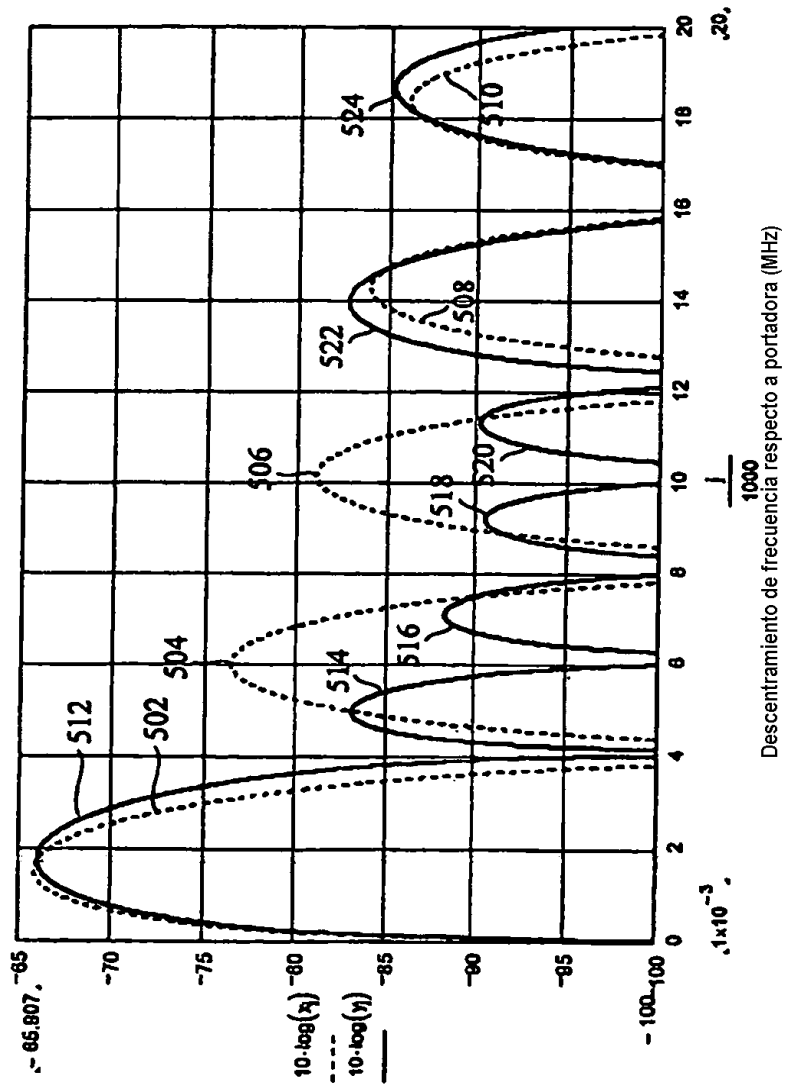


Figura 6

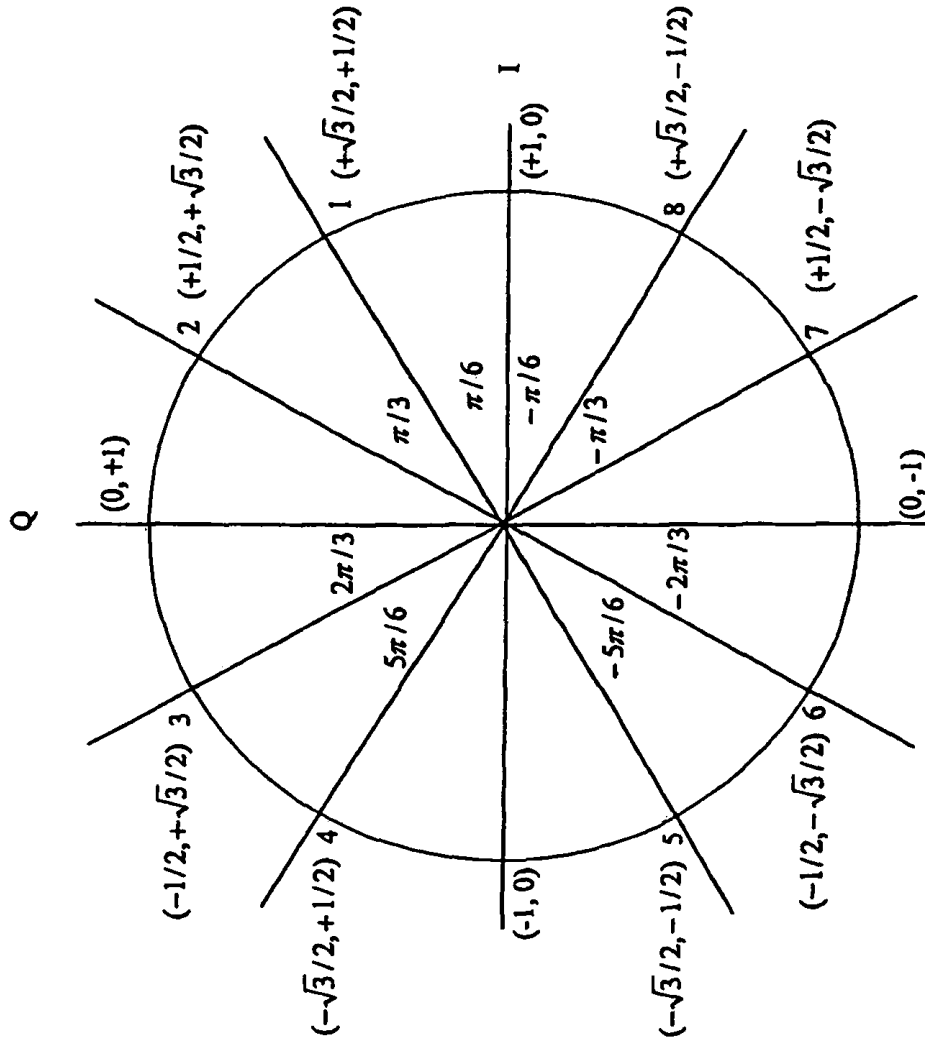


Figura 7a

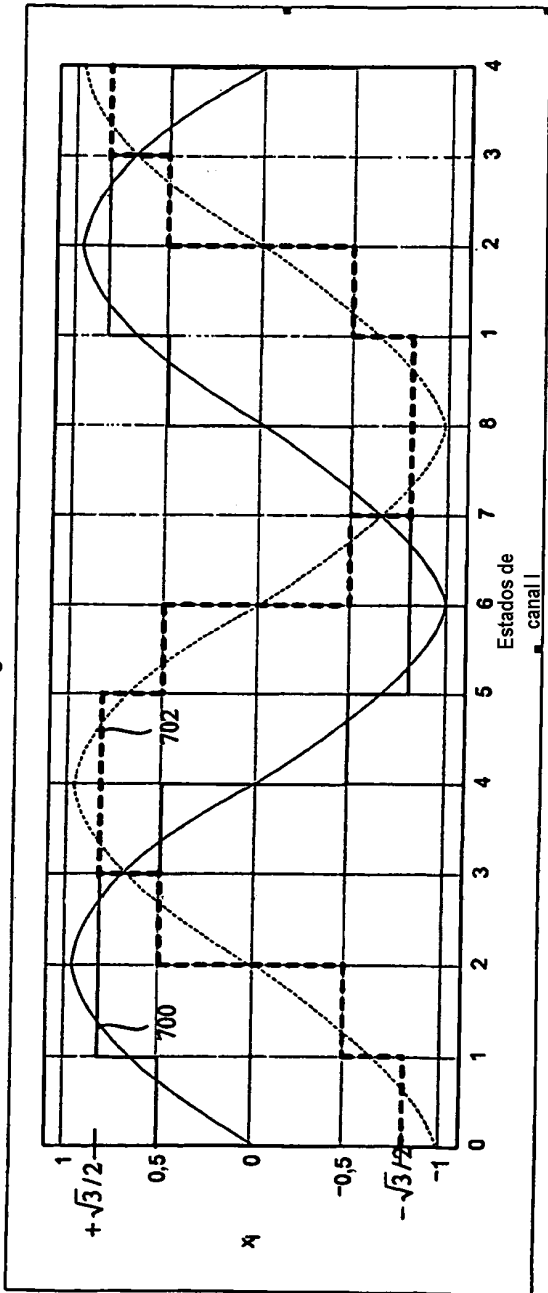


Figura 7b

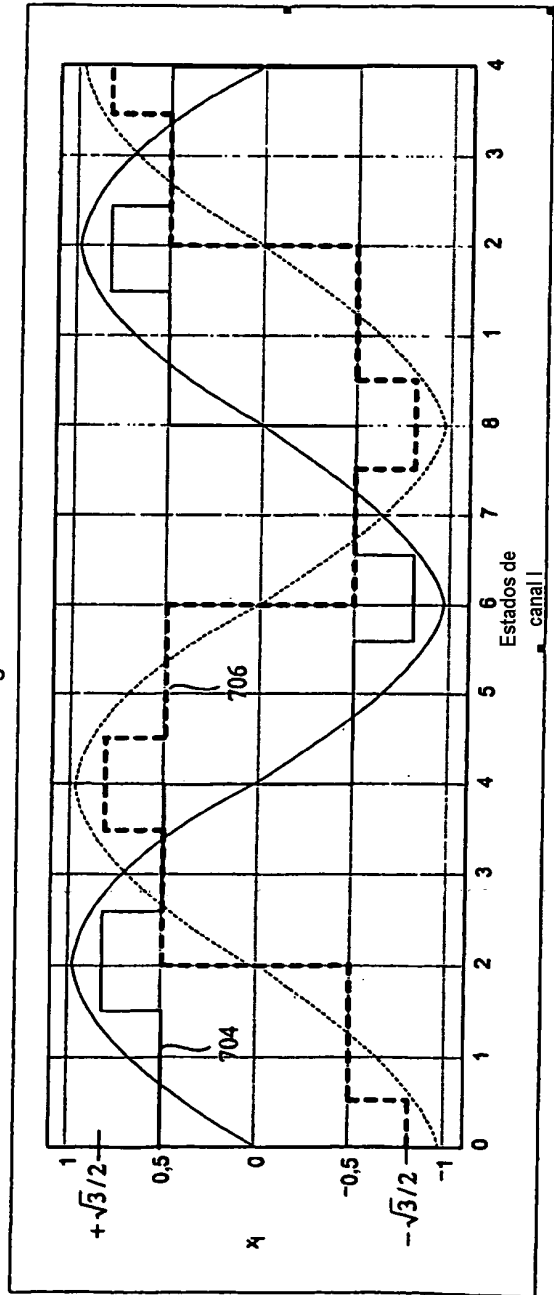


Figura 8

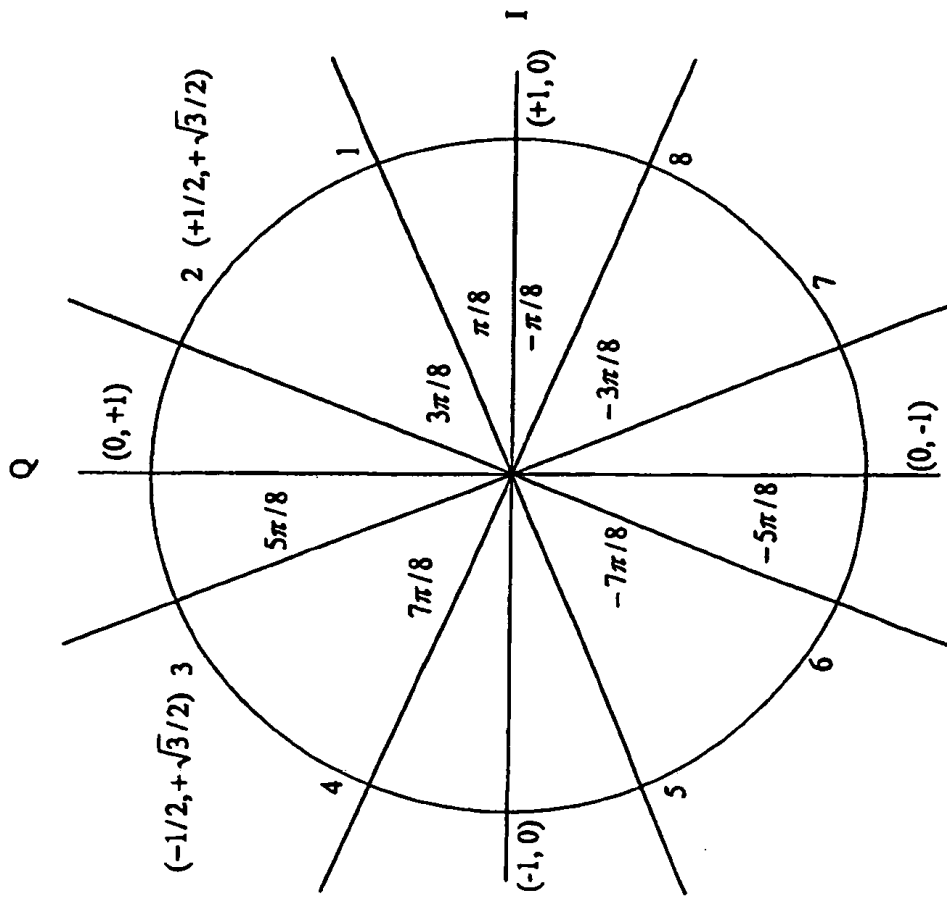
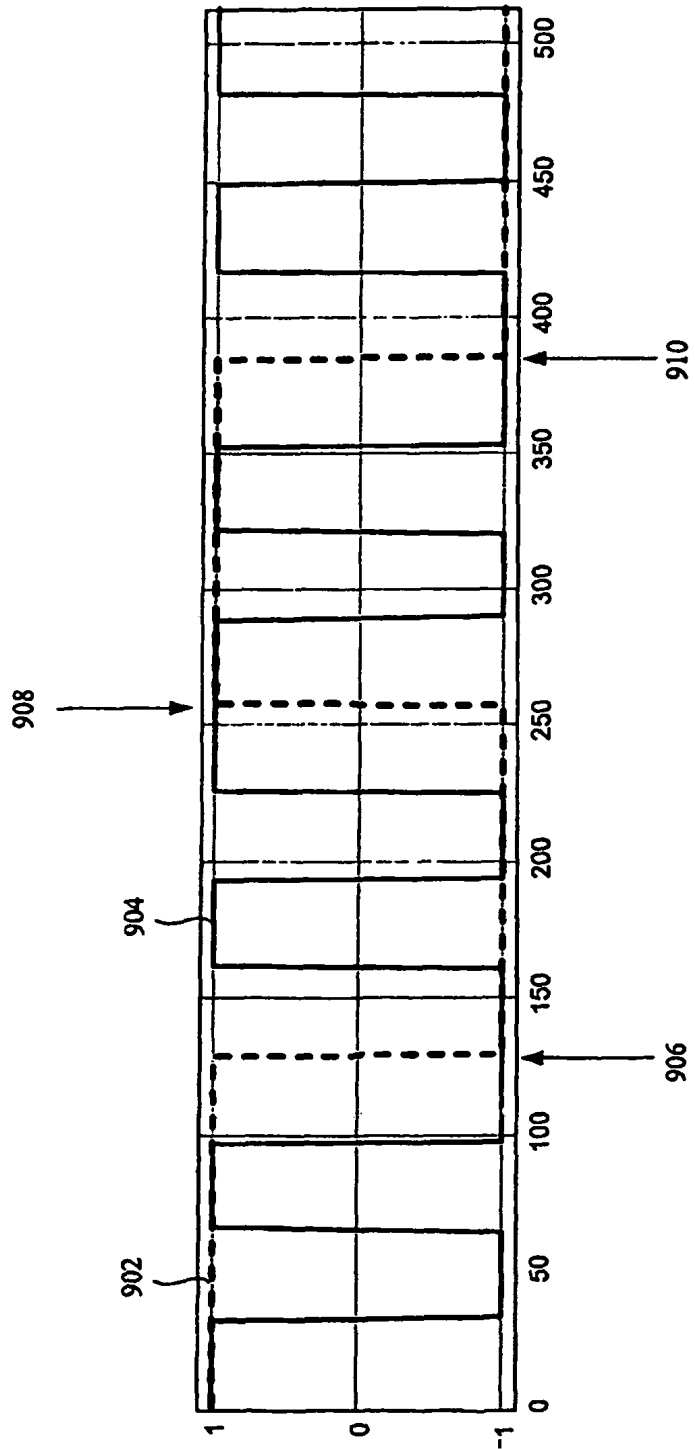
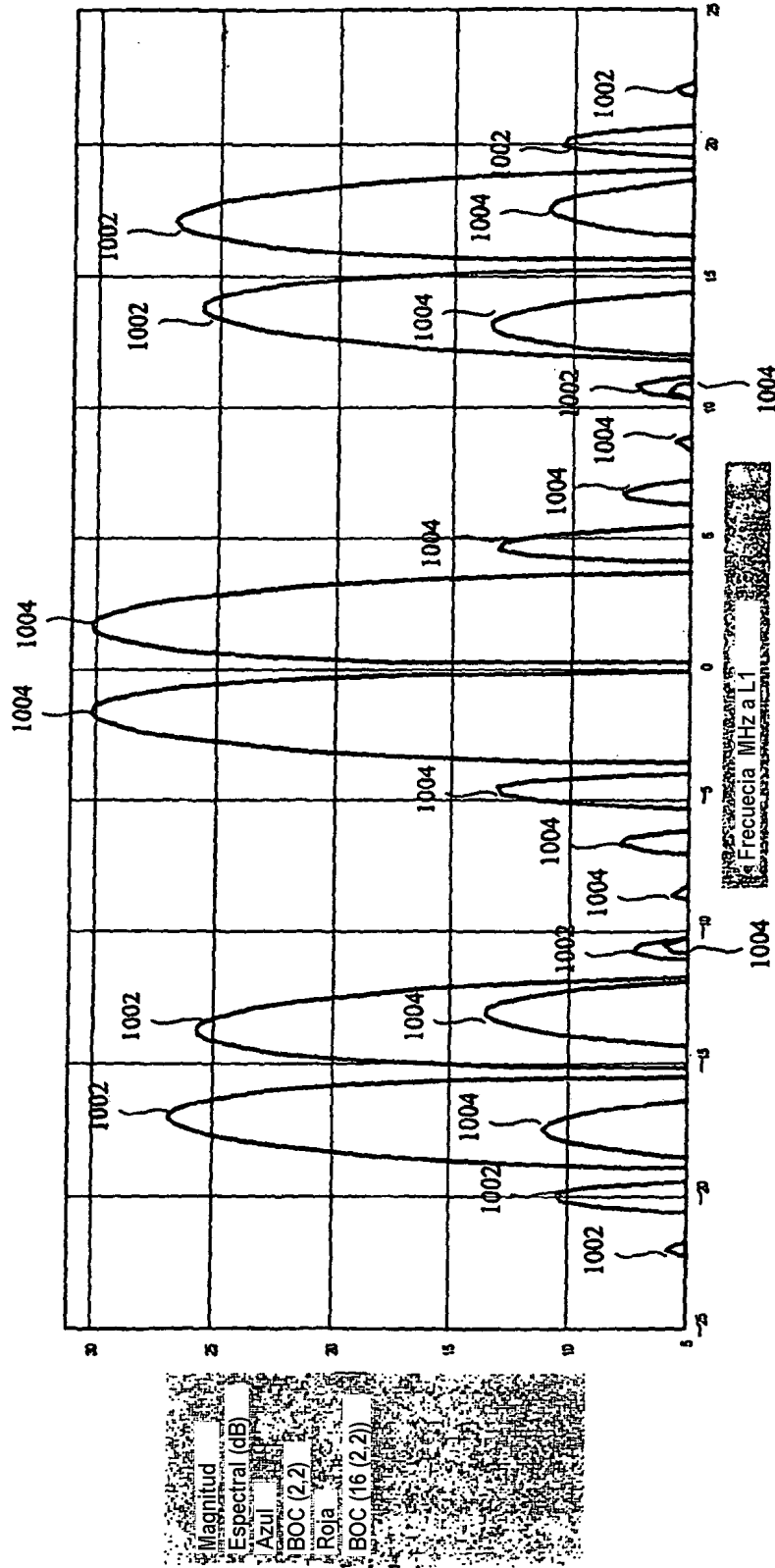


Figura 9

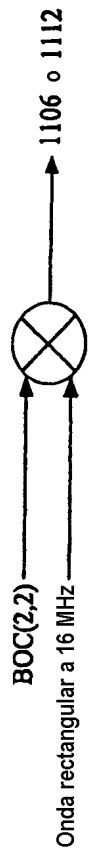


200

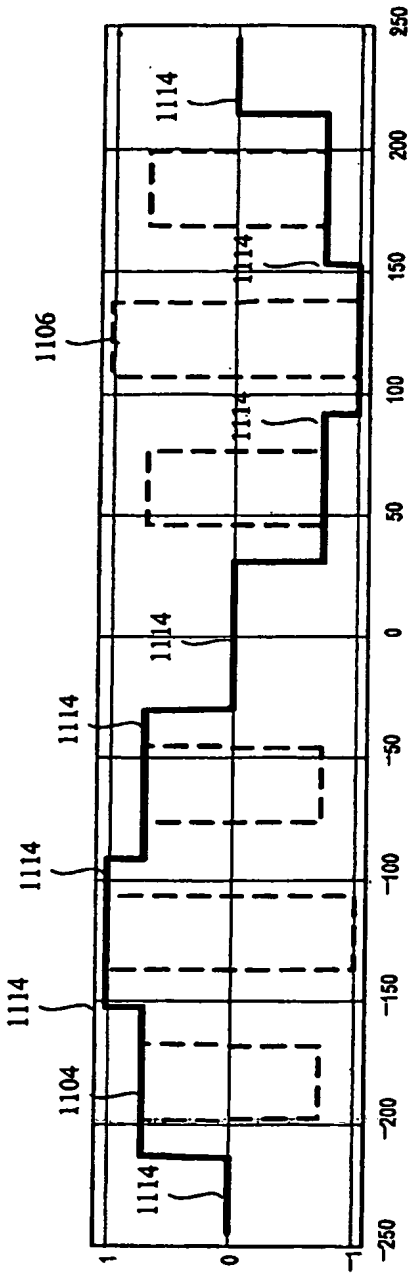
Figura 10



1000



Onda BOC(2,2) modulada subportadora a 160 MHz

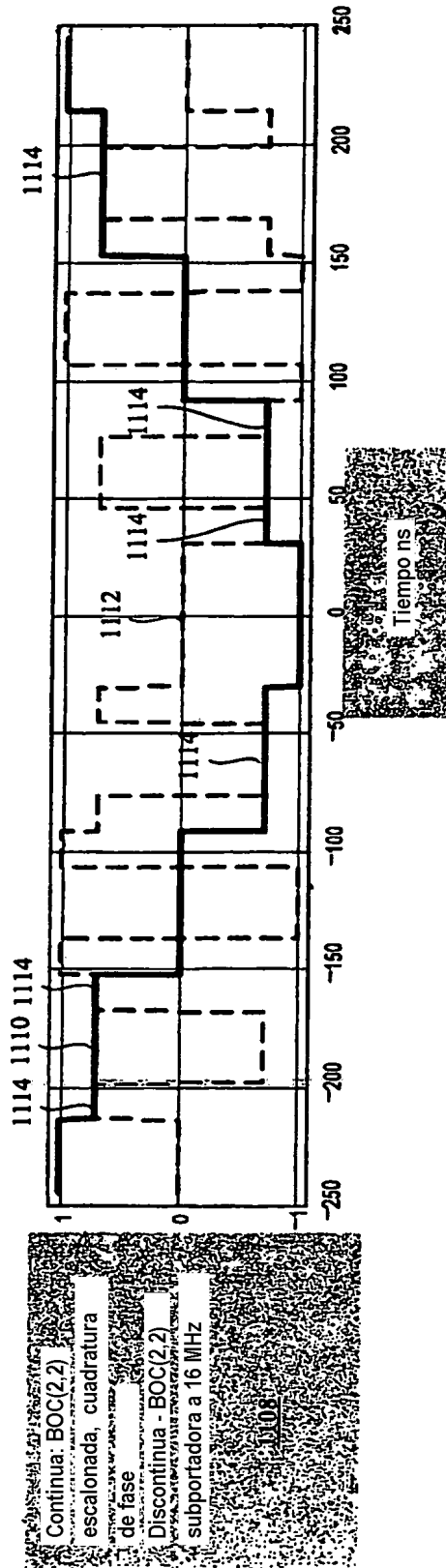


Continua - BOC(2,2)
escalonada
Discontinua - BOC(2,2)
mod. subportadora a 16 MHz

1102

Figura 11

Onda BOC(2,2) desplazada en el tiempo - cuadratura de fase con BOC(16, (2,2))



Continua: BOC(2,2)
escalonada, cuadratura
de fase
Discontinua - BOC(2,2)
subportadora a 16 MHz

1100

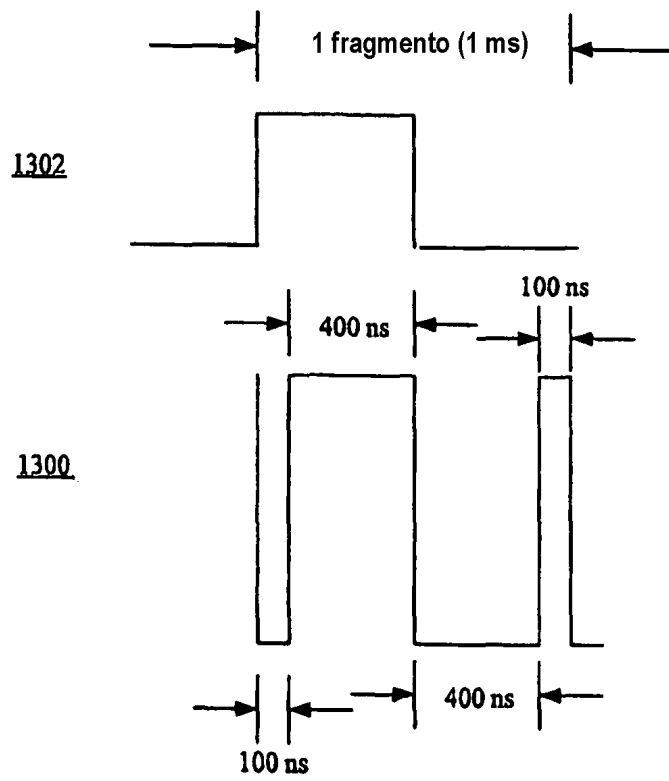
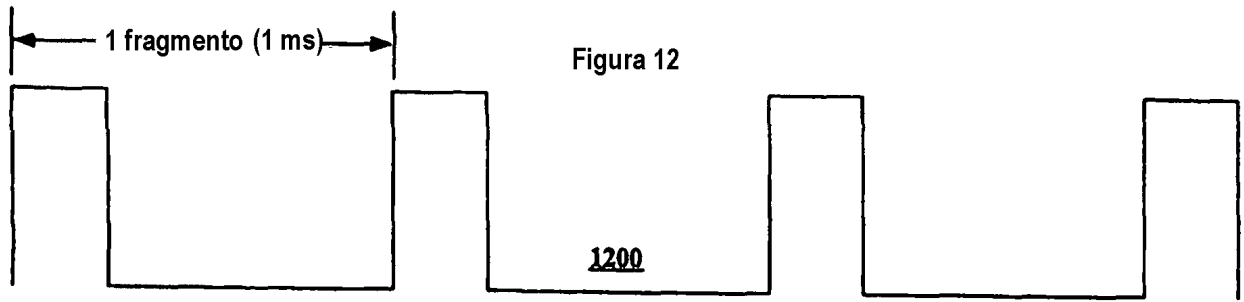
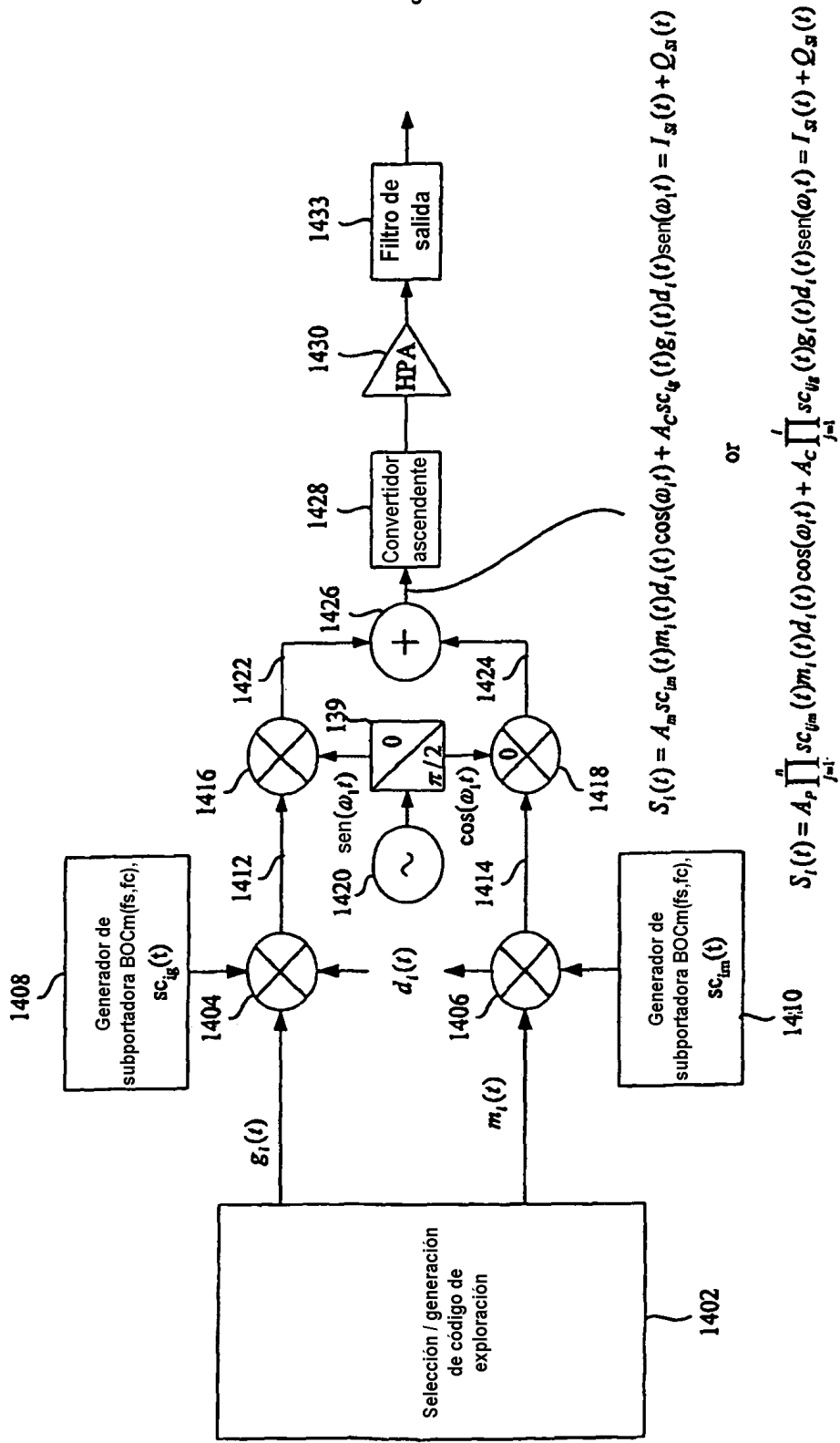


Figura 14



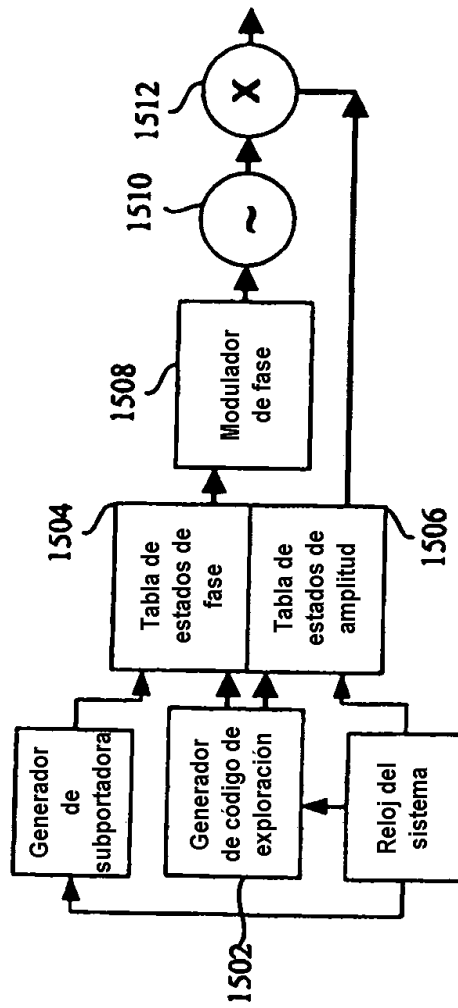
$$S_1(t) = A_m sc_{lm}(t) m_1(t) d_1(t) \cos(\omega_c t) + A_c sc_{ig}(t) g_i(t) d_1(t) \sin(\omega_c t) = I_S(t) + Q_S(t)$$

or

$$S_1(t) = A_p \prod_{j=1}^n sc_{lm}(t) m_1(t) d_1(t) \cos(\omega_c t) + A_c \prod_{j=1}^n sc_{ig}(t) g_i(t) d_1(t) \sin(\omega_c t) = I_S(t) + Q_S(t)$$

1400

Figura 15



1500