



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 273 514**

51 Int. Cl.:
H03M 1/18 (2006.01)
H03G 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99956056 .8**
86 Fecha de presentación : **11.11.1999**
87 Número de publicación de la solicitud: **1129522**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2001**

54 Título: **Método y aparato para control automático de ganancia.**

30 Prioridad: **12.11.1998 FI 982455**

73 Titular/es: **Nokia Corporation**
Keilalahdentie 4
02150 Espoo, FI

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2007

72 Inventor/es: **Piirainen, Olli y**
Tirkkonen, Markku

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2007

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 273 514 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

Método y aparato para control automático de ganancia.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método y a un aparato para implementar un control automático de ganancia en un sistema en el que una señal analógica se convierte en una señal digital.

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a sistemas y aparatos que usan conversores analógicos-a-digitales. Los conversores analógicos-a-digitales comprenden un cierto área dinámica específica del conversor, la cual debería ser utilizada en su totalidad si se desea un rendimiento óptimo. Si la intensidad de una señal que llega a un conversor varía mucho, surgen problemas con la utilización del área dinámica del conversor. Las señales demasiado intensas se recortan y las señales de baja potencia no utilizan adecuadamente la capacidad del conversor. Por esta razón, la potencia de la señal en la entrada del conversor se ajustará dinámicamente. En relación con esto, al ajuste de potencia se le denomina en general Control Automático de la Ganancia AGC.

El documento US 4.851.842 da a conocer una solución de la técnica anterior para implementar un control automático de ganancia en relación con un conversor analógico-a-digital. Se monitoriza y ajusta una señal analógica por medio de un preamplificador ajustable y se realiza una compensación del control automático de ganancia sobre la señal digital en la salida del conversor.

El documento US 3.813.609 da a conocer otra solución de la técnica anterior para implementar un control automático de ganancia en relación con un conversor analógico-a-digital. Basándose en una señal de salida digital del conversor, en la entrada de dicho conversor se ajusta el nivel de potencia de una señal analógica.

El documento US 5.365.233 da a conocer una solución más de la técnica anterior para implementar un control automático de ganancia en relación con un conversor analógico-a-digital. Basándose en el valor absoluto de una señal de salida digital del conversor, en la entrada de dicho conversor se ajusta el nivel de potencia de una señal analógica.

La presente invención se puede aplicar preferentemente, de forma particular, a las telecomunicaciones digitales. Cuando se usa el tráfico basado en intervalos de tiempo para la transmisión de datos, es preferible que la potencia de una señal recibida por un receptor permanezca constante durante todo el intervalo de tiempo. Esta opción es esencial para el funcionamiento de un corrector de frecuencia. En los sistemas AGC conocidos, aplicados a sistemas GSM, por ejemplo, la potencia se ajusta una vez durante un intervalo de tiempo. En general, el control automático de ganancias se ha basado en la potencia de los primeros bits de los intervalos de tiempo. No obstante, como la potencia de una señal proveniente de una antena puede variar mucho durante un intervalo de tiempo, en los sistemas conocidos la potencia media se fija de manera que es tan baja que incluso se encuentran posibles picos de potencia dentro del área dinámica de un conversor A/D. Por esta razón, por término medio el área dinámica del conversor A/D se utilizará de forma deficiente, ya que los bits más significativos apenas se

usan. En ese caso la resolución del conversor será deficiente.

Uno de los inconvenientes de los métodos conocidos usados en sistemas digitales es también que los mismos funcionan de forma deficiente en combinación con ráfagas de establecimiento de conexiones. Las ráfagas de establecimiento de conexiones, es decir, ráfagas de acceso, se pueden ubicar en un lugar aleatorio de un intervalo de tiempo, en cuyo caso el control automático de ganancia no puede funcionar eficazmente.

Breve descripción de la invención

Por consiguiente, uno de los objetivos de la invención es implementar un método y un aparato para realizar el método de tal manera que se puedan resolver los problemas mencionados. Esto se alcanza con el método de la invención para implementar un control automático de ganancia en un sistema en el que una señal analógica se convierte a una señal digital y en el que se realiza un control automático de ganancia de la señal ajustable de una manera analógica usando un paso de control de ganancia de una magnitud predeterminada y en el que se realiza un control de ganancia inverso de la señal digitalizada de tal manera que, después del ajuste digital, la potencia de la señal es la misma que antes del ajuste analógico. En el método de la invención, se determina la energía máxima de la señal durante un periodo de medición predeterminado, se compara la energía máxima determinada con unos valores de umbral fijados previamente, y en el caso de que el valor medido supere el umbral, se realiza un control automático de ganancia de la señal analógica y se compensa el control de ganancia en la señal digital.

Otro de los objetos de la invención es un aparato para implementar un control automático de ganancia en un sistema en el que una señal analógica se convierte a una señal digital y comprendiendo dicho sistema medios para realizar un control automático de ganancia de la señal ajustable de una manera analógica usando un paso de control de ganancia de una magnitud predeterminada y medios para realizar un control inverso de ganancia de la señal digitalizada de tal manera que, después del ajuste digital, la potencia de la señal es la misma que antes del ajuste analógico. El aparato de la invención comprende medios para determinar la energía máxima de la señal durante un periodo de medición predeterminado, medios para comparar la energía máxima determinada con valores de umbral fijados previamente y medios para iniciar un control automático de la ganancia de la señal analógica y una compensación del control de ganancia en la señal digital, si el valor medido supera el umbral.

En las reivindicaciones subordinadas se exponen formas de realización preferidas de la invención.

Con el método y el aparato según la invención se obtienen varias ventajas. Gracias a que, en la solución de la invención, el control automático de ganancia se realiza continuamente usando un periodo de medición para promediar resultados de las mediciones, la solución de la invención es capaz de reaccionar a una potencia que varíe durante un intervalo de tiempo. Por medio de la solución, la potencia se puede mantener constante durante un intervalo de tiempo de una manera esencialmente mejor que antes. En una forma de realización alternativa preferida de la invención, es posible mitigar este efecto de vibración del nivel de

potencia que se produce en el control del nivel de potencia.

Breve descripción de las figuras

A continuación se describirá la invención más detalladamente por medio de formas de realización preferidas, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la Figura 1 muestra un intervalo de tiempo de un sistema GSM y un ejemplo de un periodo de medición,

la Figura 2 ilustra un receptor, en el cual se puede aplicar la invención,

la Figura 3 ilustra una disposición para implementar el AGC,

la Figura 4 muestra un ejemplo de un aparato según la invención,

la Figura 5 ilustra el tiempo de ajuste de la potencia de la señal en el control, y

la Figura 6 presenta otro ejemplo del aparato de la invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se puede aplicar a cualquier disposición que use convertidores analógicos-a-digitales, aunque las ventajas de la invención se ponen más claramente de manifiesto cuando la misma se aplica a sistemas digitales de transmisión de datos, tales como el sistema GSM.

La Figura 1 ilustra la estructura de un intervalo de tiempo GSM. Un intervalo de tiempo 100 comprende bits de inicio y parada 102, 104, una secuencia de entrenamiento 106 en mitad del intervalo de tiempo y dos campos de datos 108, 110 que contienen la información real a transferir. La secuencia de entrenamiento 106 se usa para realizar una estimación de una respuesta impulsional de un canal de transmisión y, por lo tanto, la potencia debería permanecer constante durante el intervalo de tiempo. En soluciones de la técnica anterior, la potencia de un intervalo de tiempo se ha ajustado basándose en los bits de inicio 102. No obstante, esta situación no ha conducido a un resultado final satisfactorio.

En la solución de la presente invención, el control automático de ganancia utiliza un periodo de medición de una duración predeterminada. En una forma de realización preferida de la invención, la duración del periodo de medición es sustancialmente menor que la duración de un intervalo de tiempo. La Figura 1 ilustra esta situación con un segmento de línea 112, que representa periodos de medición sucesivos. La duración de un periodo de medición 114 es considerablemente menor que el intervalo de tiempo.

En la solución de la invención, se determina la energía máxima de una señal recibida durante un periodo de medición predeterminado, y se realiza un ajuste AGC basándose en el resultado de esta medición. La energía máxima determinada del periodo de medición se compara con valores de umbral fijados previamente. En una de las formas de realización preferidas de la invención, se usan dos valores de umbral, uno para incrementar y el otro para decrementar la potencia. Los valores de umbral pueden ser de magnitudes diferentes. Si un valor determinado de la energía máxima de un periodo de medición supera uno de los dos umbrales, se realiza un control automático de ganancia de la señal analógica y, respectivamente, se compensa el control de ganancia en la señal digital.

Como ejemplo, a continuación se estudia un receptor de un sistema digital de telecomunicaciones

por medio de la Figura 2, pudiéndose aplicar a dicho receptor la invención. El receptor comprende una antena 200, mediante la cual se recibe una señal deseada. La señal se lleva a las partes de radiofrecuencia 202, en las que la señal se filtra y se convierte a una frecuencia intermedia. Desde las partes de radiofrecuencia, la señal 204 se lleva a un circuito AGC 206, el cual ajusta la potencia de la señal antes que un conversor analógico-a-digital 208. Desde el conversor, la señal digitalizada se lleva a las partes de banda base 210, en las que se mide la potencia de la señal, se controla el circuito AGC y se compensa el control de ganancia automático realizado por el circuito AGC. Desde las partes de banda base 208, la señal se lleva adicionalmente a las otras partes del receptor, tales como un detector. Las mismas no se muestran en las figuras, ya que no son relevantes para la invención.

La Figura 3 ilustra más detalladamente una disposición para implementar el AGC en el receptor de la Figura 2. En primer lugar, una señal 204 proveniente de las partes de radiofrecuencia se lleva a un amplificador controlado por voltaje 300 que amplifica la señal según una señal de control 302. La señal amplificada se lleva a un filtro pasabanda 304 y desde allí adicionalmente hacia un conversor analógico-a-digital 208, en el que la señal analógica recibida por una antena se convierte a formato digital. La señal digitalizada 306 se lleva a las partes de banda base 210, en las que se mide la potencia de la señal según la forma que se describe posteriormente y se ajusta el AGC. Desde las partes de banda base 210, la señal de control 302 avanza hacia el amplificador controlado por voltaje 300. Desde las partes de banda base, la señal se lleva a un módulo de compensación 308 para el ajuste AGC, con lo cual se anula el control de ganancia del amplificador controlado por voltaje para situar la señal en el formato original. Desde las partes de banda base llega una señal de control 310 a través de un elemento de retardo 312 hacia el módulo de compensación 308 para el control de ganancia. El retardo tendrá la misma duración que lo que tarda la señal en avanzar desde el amplificador controlado por voltaje hasta las partes de compensación.

En la Figura 4, un diagrama de bloques ilustra un ejemplo de una implementación de la solución de la invención. En una de las formas de realización preferidas de la invención, inicialmente una señal de frecuencia intermedia 204 proveniente de las partes de radiofrecuencia se lleva hacia un conversor de frecuencia 400, el cual, controlado por un oscilador controlado numéricamente 402, convierte la señal en una señal de banda base 404. La señal 404 es una señal compleja que comprende una rama tanto I como Q 406, 408. En la solución de la invención, cada rama 406, 408 está conectada a un módulo independiente de cálculo 410, 412, que determina el cuadrado del valor absoluto de la señal. Los valores obtenidos se llevan a un sumador 414, y la suma 418, obtenida de esta manera y que representa la potencia de la señal, se lleva a un comparador 420. En el comparador 420 se introduce también la duración 422 de un periodo de medición. Durante un periodo de medición, el comparador determina la potencia máxima de la señal y la transfiere a su salida 424. El valor de la potencia máxima se lleva a un primer y un segundo detector de umbral 426, 428. En el primer detector de umbral 426 se introduce también un valor de umbral de límite superior fijado previamente 430. En el primer detector

de umbral 426, la potencia máxima se compara con el valor umbral 430 determinado, y si se supera el límite, una señal de reducción del control de ganancia 434 se conecta a una unidad de control 436. En el segundo detector de umbral 428 se introduce también un valor de umbral de límite inferior fijado previamente 432. En el segundo detector de umbral 428, se compara la potencia máxima con el valor de umbral determinado 432, y si está por debajo del límite, se conecta una señal de incremento de control de ganancia 438 a la unidad de control 436. Basándose en las señales de los detectores de umbral, la unidad de control 436 envía una orden de modificación de potencia 440 al amplificador controlado por voltaje. De forma correspondiente, la unidad de control 436 envía una señal de compensación del control de ganancia 442.

Por consiguiente, un amplificador controlado por voltaje ajusta una señal analógica en la entrada de un conversor analógico-a-digital. En la solución de la invención, el control automático de ganancia se realiza usando un paso de control de ganancia de una magnitud predeterminada. En una de las formas de realización preferidas de la invención, el paso de control es 6 dB. A continuación, se puede realizar preferentemente una compensación en la señal digital como una transferencia de bits. Transfiriendo los bits en sentido descendente en un bit (es decir, descartando el bit menos significativo), se proporciona una caída de potencia de 6 dB.

Consecuentemente, en la solución de la invención, en primer lugar se lleva una señal de compensación de control de ganancia hacia un elemento de retardo 444, en el que la señal de compensación se retarda tanto tiempo como el que necesite la señal ajustable para moverse desde el amplificador controlado por voltaje a los medios de compensación. El retardo del elemento de retardo también puede ser ajustable por medio de una señal de control 452. Desde el elemento de retardo 444, el control avanza hacia los registros de desplazamiento 446, 448, disponiéndose de uno de ellos para cada rama. En los registros, la señal digital se desplaza a una de las direcciones basándose en el control, con lo cual se puede compensar el control automático de ganancia. Desde los registros 446, 448, la señal 450 se lleva adicionalmente a las otras partes del receptor.

En la forma de realización preferida de la invención, los módulos de cálculo 410, 412 utilizan únicamente los bits más significativos de la señal para determinar la energía máxima. De este modo, en el caso ilustrativo de la figura, hacia los módulos de cálculo se llevan únicamente los ocho bits más significativos.

Por consiguiente, el amplificador controlado por voltaje ajusta una señal analógica en la entrada de un conversor analógico-a-digital preferentemente en pasos de 6 dB. La Figura 5 ilustra el comportamiento de la potencia en el control automático de ganancia. En el ejemplo de la figura, representando el eje horizontal el tiempo y el eje vertical la potencia, dicha potencia se incrementa en un paso. En el instante de tiempo 0, se da una orden de control de ganancia, y la potencia se eleva 6 dB. A causa de las propiedades del amplifi-

cador, en el control de ganancias se produce frecuentemente una vibración, antes que la potencia alcance el nivel de potencia superior deseado en el instante de tiempo T1.

En una forma de realización alternativa y preferida de la invención, es posible mitigar este efecto de la vibración del nivel de potencia. En el método de la invención, después de un control analógico de la ganancia (en el instante de tiempo 0 en el ejemplo de la Figura 5), la señal digital se mantiene constante a su valor anterior durante la vibración y la señal digital compensada en ganancia no se conecta en el sentido de avance hasta el instante de tiempo T1, cuando ha descendido la vibración del nivel de potencia.

Esta forma de realización alternativa de la invención se ilustra en la Figura 6. En dicha Figura 6, las señales de salida 434, 438 de un primer y un segundo detectores de umbral 426, 428 se llevan, además de a una unidad de control 436, también a un circuito de control de retención de voltaje 600. El circuito de control 600 envía una orden de retención y una orden que anula la retención 602 hacia los circuitos de retención 604, 606 de las ramas I y Q. Las órdenes pasan a través de un segundo elemento de retardo 608. En el elemento de retardo 608, la señal se retarda el tiempo que necesite la señal ajustable para moverse desde un amplificador controlado por voltaje a los medios de compensación. El retardo del elemento de retardo también puede ser ajustable mediante una señal de control 610. En el circuito de control de retención se introducen también una señal de control 612, que informa sobre si se usa o no la retención, y una información 614 sobre la duración necesaria de la retención. Los circuitos de retención se pueden implementar por métodos conocidos para los expertos en la materia.

En otra forma de realización alternativa de la invención, no se usa la retención, sino que durante la vibración las muestras se ajustan a cero. En otros aspectos, el funcionamiento es similar al anterior, excepto que en este caso los circuitos de retención 604, 606 son elementos de ajuste a cero. La implementación se puede producir según métodos conocidos para los expertos en la materia.

En otra de las formas de realización alternativas de la invención, no se usa ni la retención ni el ajuste a cero, sino que durante la vibración se interpola la señal digital. En este caso, el circuito de control 600 interpola la señal por medio de las primeras y posiblemente también las últimas muestras de la señal. La interpolación puede tener lugar usando métodos matemáticos. El funcionamiento es como el anterior, excepto que en este caso los circuitos de retención 604, 606 son elementos de compensación de la muestra. La implementación se puede producir por métodos conocidos para los expertos en la materia.

Aunque la invención se ha descrito anteriormente haciendo referencia al ejemplo de los dibujos adjuntos, resulta evidente que la invención no se limita a los mismos, sino que se puede variar de muchas maneras dentro de la idea de la invención expuesta en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para implementar un control automático de ganancia en un sistema en el que una señal analógica se convierte en una señal digital y en el que se realiza un control automático de ganancia de la señal ajustable de una manera analógica usando un paso de control de ganancia de una magnitud predeterminada y en el que se realiza un control de ganancia inverso de la señal digitalizada de tal manera que, después del ajuste digital, la potencia de la señal es la misma que antes del ajuste analógico, **caracterizado** porque

se determina la energía máxima de la señal durante un periodo de medición predeterminado,

se compara la energía máxima determinada con unos valores de umbral fijados previamente, y

en el caso de que el valor medido supere el umbral, se realiza un control automático de ganancia de la señal analógica y se compensa el control de ganancia en la señal digital.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los umbrales para la reducción de potencia y el incremento de potencia son de una magnitud diferente.

3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la transformación de frecuencia de la señal digitalizada se realiza antes que las mediciones de control de ganancia.

4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el método se aplica a un sistema digital de transmisión de datos y porque el control automático de ganancia de una señal compleja se produce en la banda base.

5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la energía de la señal se determina calculando el cuadrado del valor absoluto de la señal.

6. Método según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la señal comprende ramas I y Q y porque la energía de la señal se determina calculando el cuadrado de los valores absolutos de las ramas independientes y sumando los valores obtenidos.

7. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque para la determinación de la energía máxima se utilizan únicamente los bits más significativos de la señal.

8. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal ajustable comprende intervalos de tiempo y porque la duración del periodo de medición predeterminado es sustancialmente menor que el intervalo de tiempo.

9. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal digital se mantiene constante en el control automático de ganancia, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia.

10. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal digital se mantiene a cero en el control automático de ganancia, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia.

11. Método según la reivindicación 1, **caracteri-**

zado porque la señal digital se interpola en el control automático de ganancia, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia.

12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado** porque para la interpolación se utilizan las primeras o las últimas muestras digitales de la señal digital o ambas.

13. Aparato para implementar un control automático de ganancia en un sistema en el que una señal analógica se convierte en una señal digital y comprendiendo dicho sistema unos medios (208) para realizar un control automático de ganancia de la señal ajustable de una manera analógica usando un paso de control de ganancia de una magnitud predeterminada y unos medios (446, 448) para realizar un control inverso de ganancia de la señal digitalizada de tal manera que, después del ajuste digital, la potencia de la señal es la misma que antes del ajuste analógico, **caracterizado** porque el aparato comprende

unos medios (410, 412, 214, 420) para determinar la energía máxima de la señal durante un periodo de medición predeterminado,

unos medios (426, 428) para comparar la energía máxima determinada con valores de umbral fijados previamente (430, 432), y

unos medios (436) para iniciar un control automático de ganancia de la señal analógica y una compensación del control de ganancia en la señal digital, si el valor medido supera el umbral.

14. Aparato según la reivindicación 13, **caracterizado** porque, antes de los medios de medición del control de ganancia, el aparato comprende unos medios (400, 402) para realizar una transformación de frecuencia de la señal digitalizada.

15. Aparato según la reivindicación 13, **caracterizado** porque la señal comprende ramas I y Q y porque el aparato comprende los medios (410, 412) para calcular el cuadrado de los valores absolutos de las ramas independientes y los medios (414) para sumar los valores calculados.

16. Aparato según la reivindicación 13, **caracterizado** porque el aparato comprende unos medios (600, 604, 606) para mantener la señal digital constante, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia.

17. Aparato según la reivindicación 13, **caracterizado** porque el aparato comprende unos medios (600, 604, 606) para mantener la señal digital a cero, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia.

18. Aparato según la reivindicación 13, **caracterizado** porque el aparato comprende unos medios (600, 604, 606) para interpolar la señal digital, hasta que haya descendido la vibración del control de ganancia, utilizando las primeras o últimas muestras digitales de la señal digital o ambas.

19. Receptor de un sistema digital de telecomunicaciones, que comprende el aparato según la reivindicación 13.

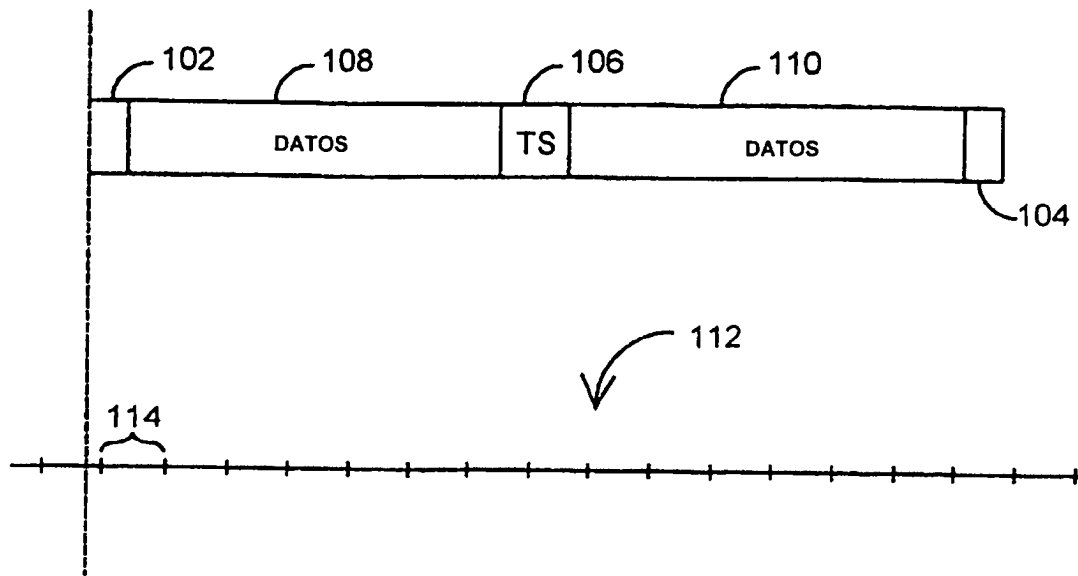


Fig. 1

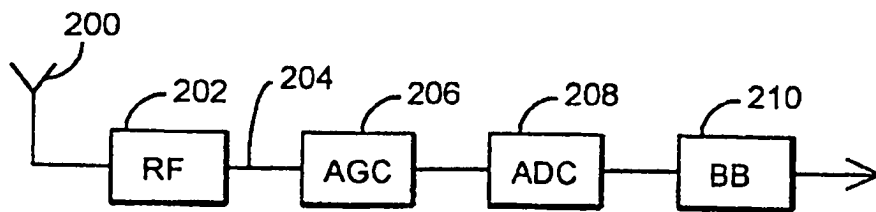


Fig. 2

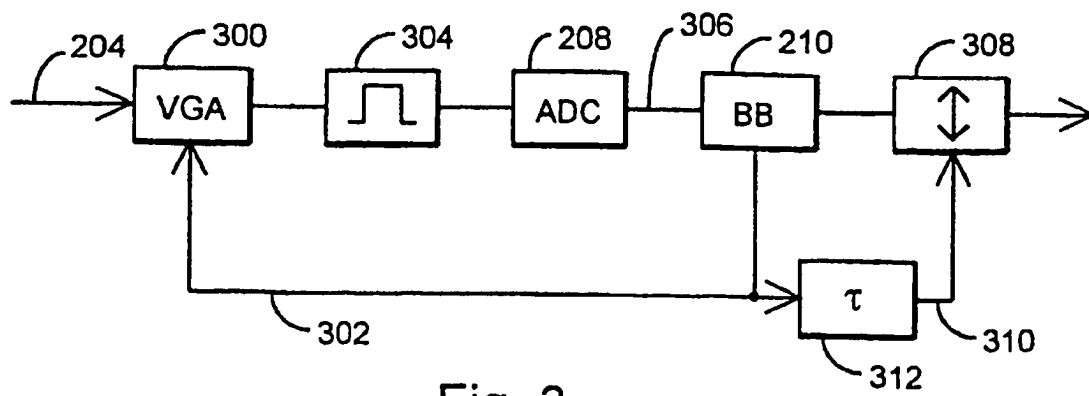


Fig. 3

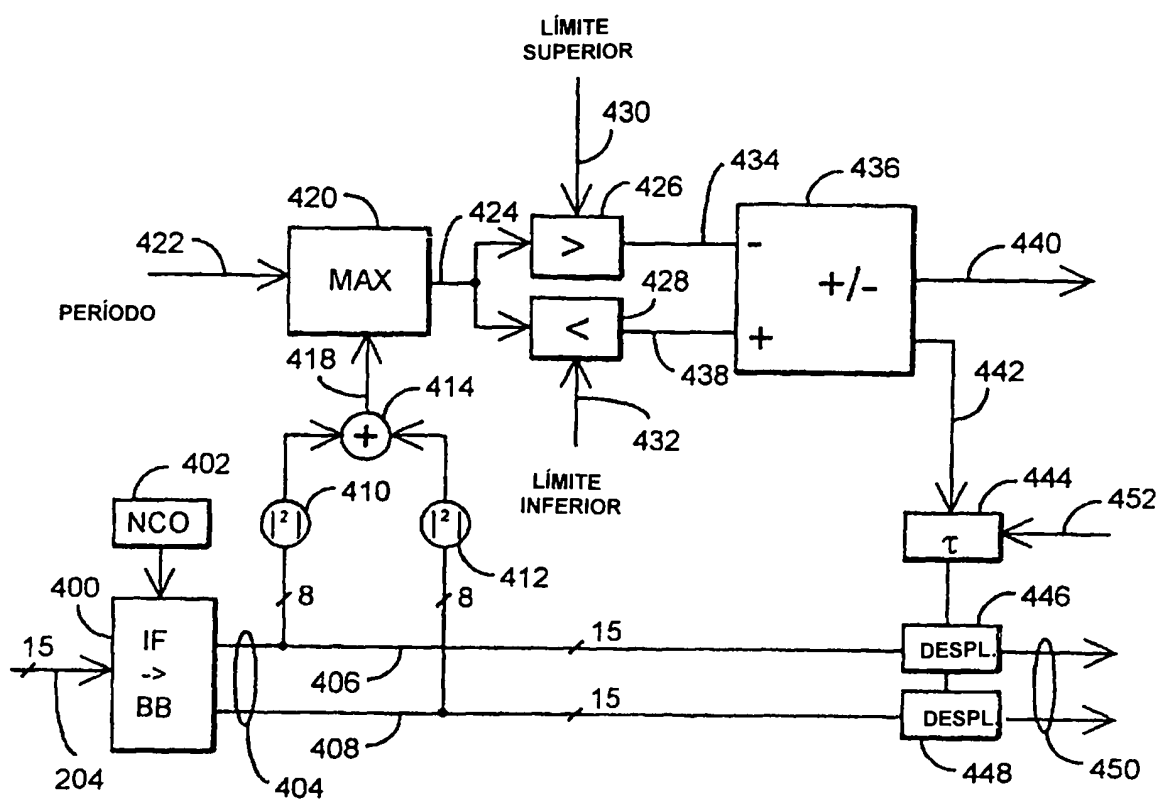


Fig. 4

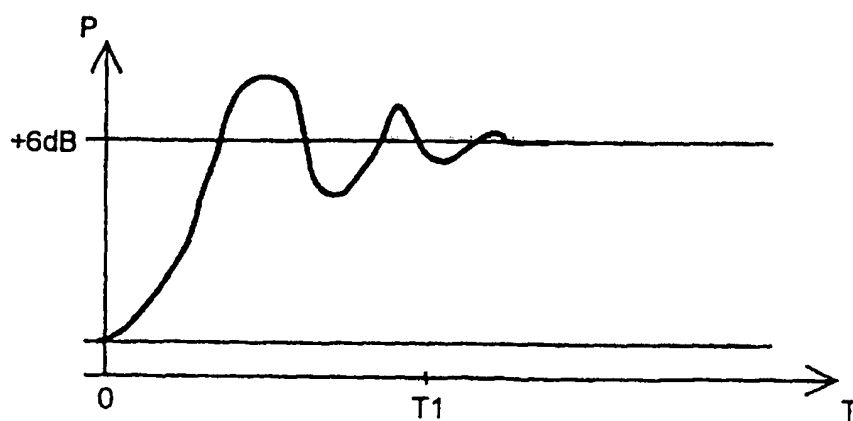


Fig. 5

