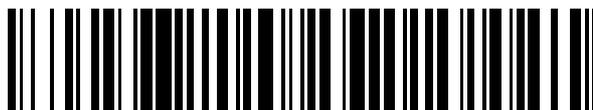


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 429**

51 Int. Cl.:

H04B 1/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2011 E 11157078 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2367291**

54 Título: **Circuito de radiofrecuencia embarcado en un satélite que comprende un sistema de control térmico mediante señal de alarma generada por la reflexión de potencia**

30 Prioridad:

05.03.2010 FR 1000910

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.10.2016

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**TONELLO, EMILIE;
PACAUD, DAMIEN y
LACOMBE, JEAN-CLAUDE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 587 429 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

Circuito de radiofrecuencia embarcado en un satélite que comprende un sistema de control térmico mediante señal de alarma generada por la reflexión de potencia

5 La invención se refiere a un circuito de radiofrecuencia embarcado en un satélite que comprende un sistema de control térmico mediante señal de alarma y aislador que genera una señal de ese tipo. Se aplica principalmente a los campos de los satélites artificiales, en particular a unos satélites de telecomunicaciones.

10 Los satélites artificiales se utilizan frecuentemente para implementar unos sistemas de telecomunicaciones. Permiten principalmente cubrir unas zonas geográficas para las que las redes terrestres no se han desplegado, o bien interconectar unas redes terrestres distantes. Un satélite artificial comprende una carga útil, es decir un conjunto de equipos que le permiten efectuar las operaciones para las que ha sido concebido. Por razones técnicas, pero también de coste, los pesos de esta carga útil deben minimizarse. De ese modo, unos tratamientos, que sería funcionalmente apropiado realizar en un satélite, son a veces realizados en unas estaciones terrestres del sistema en razón de estas restricciones.

15 Durante el despliegue del sistema, los satélites se colocan en una órbita previamente elegida, realizándose la elección de esta órbita durante el diseño del sistema. Una vez en órbita, es difícil intervenir físicamente sobre un satélite, principalmente en caso de avería. Esto debe ser tenido en cuenta por supuesto por los diseñadores, y ciertos circuitos presentan una cierta redundancia con el fin de poder reemplazar unos recursos defectuosos.

La publicación de la solicitud de patente EP 1 732 231 A2 tiene como objeto un sistema para controlar la potencia de salida de un amplificador de potencia.

20 La publicación de patente US 6 753 807 B1 divulga un divisor-combinador de potencia.

La publicación de solicitud de patente US 2003/114182 A1 divulga un amplificador de potencia adaptativo.

La publicación de patente US 2 648 047 A divulga un guía ondas.

25 Un satélite de telecomunicaciones emite y recibe habitualmente en varios canales distintos, correspondiendo un canal a una banda de frecuencias. La carga útil de los satélites puede por tanto canalizarse, es decir que un conjunto de equipos, como por ejemplo unos amplificadores, están dedicados a la transmisión o a la recepción de señales en un canal dado. En la emisión, las señales emitidas para cada canal son conformadas mediante unas cadenas de ganancias asociadas a cada canal y se multiplexan utilizando un multiplexor de salida, designado en lo que sigue de la descripción por el acrónimo OMUX en referencia la expresión anglosajona "Output Multiplexer". Un multiplexor OMUX corresponde a un montaje de filtros de radiofrecuencia. La señal resultante del multiplexado se dirige a continuación hacia una antena de emisión de banda ancha. Los filtros del OMUX son, por ejemplo, unos filtros paso banda asignados a los diferentes canales de transmisión y que permiten evitar que la señal emitida sobre un canal interfiera con las señales de los canales adyacentes. Una parte de la señal generada por los equipos asociados a un canal puede reflejarse por ejemplo en el multiplexor OMUX, esta parte correspondiente a la frecuencia de la señal no pertenece a la banda pasante del filtro. Estas reflexiones pueden ser la consecuencia de un error humano resultante por ejemplo de una programación errónea de la frecuencia por un operador de una estación de control en tierra. Estas reflexiones pueden ser también la consecuencia de defectos de funcionamiento o de la mala programación de los equipos de la carga útil que realizan la orientación de las señales de gran potencia en la salida de la cadena de ganancia de los canales hacia los filtros del OMUX, siendo denominados estos equipos como conmutadores en lo que sigue de la descripción. Estas averías pueden implicar también unas reflexiones, principalmente si el oscilador embarcado utilizado para la transposición en frecuencia de la señal a emitir es defectuoso. Por otro lado, si el satélite se utiliza como repetidor, una avería en tierra que implique un desfase de la frecuencia de la señal recibida por el satélite arrastrará un desfase en el canal de emisión y por tanto unas reflexiones en unos filtros del OMUX. Además, una mala adaptación de la salida del repetidor puede inducir también unas reflexiones de la señal.

45 La potencia de radiofrecuencia resultante de estas reflexiones debe disiparse con el fin de garantizar un buen funcionamiento en la emisión. Para ello unas soluciones existentes posicionan en las cadenas de ganancias de radiofrecuencia unos aisladores de alta potencia, habitualmente designados por el acrónimo HPI que procede de la expresión anglosajona "High Power Isolator", compuesto por un circulador y una carga de potencia.

50 Las reflexiones mencionadas inducen una disipación de potencia bajo forma térmica, y la temperatura de los circuitos tales como los OMUX y las cargas de potencia pueden aumentar significativamente hasta que estos queden dañados de manera irremediable.

55 Con el fin de evitar esto, unas soluciones existentes de detección térmica proponen medir la temperatura en unos filtros del multiplexor OMUX con la ayuda de termistores, generando dichos termistores unas señales de medida tratadas por un calculador integrado embarcado por el satélite. Estas soluciones tienen como inconveniente principal su tiempo de reacción que es del orden de varias decenas de segundos antes de que las componentes se ajusten para que baje la temperatura.

Un objetivo de la invención es principalmente paliar los inconvenientes antes citados.

Con este fin la invención tiene como objeto un circuito de radiofrecuencia embarcado en un satélite, siendo transmitidos unos datos sobre varios canales mediante unas señales de radiofrecuencia, correspondiendo un canal a una banda de frecuencias, pudiendo asociarse una cadena de ganancias al canal de manera que genere la señal de radiofrecuencia a transmitir sobre este, incluyendo dicha cadena al menos un amplificador de ganancia variable, siendo multiplexadas las señales de radiofrecuencia así generadas mediante un multiplexor compuesto por filtros paso banda. Las cadenas de ganancias incluyen una carga de potencia dispuesta de manera que se disipe la potencia de señales reflejada por los filtros del multiplexor, incluyendo dicha carga unos medios para generar una señal de alarma A(t) representativa del nivel de potencia de las señales reflejadas, siendo utilizada esta señal de alarma para controlar la ganancia del amplificador de ganancia variable.

Según un aspecto de la invención, unos módulos de control asociados a las cadenas de ganancias comprenden unos medios para determinar las consignas de control del amplificador de ganancia variable de dichas cadenas, siendo deducidas dichas consignas de la comparación entre una cantidad representativa de la señal de alarma A(t) y un valor de umbral S predefinido.

Según otro aspecto de la invención, la cantidad representativa de la señal de alarma es su intensidad o su tensión.

La consigna generada por un módulo de control es tal que, por ejemplo, el amplificador de ganancia variable de al menos una cadena de ganancias se desactiva cuando el valor representativo de la señal de alarma es superior o igual al valor de umbral S.

La invención tiene también por objeto una carga de potencia compuesta por una pieza de guía ondas hueca concebida como un cortocircuito, que comprende una abertura por la que se introduce una señal de entrada a atenuar, siendo atenuada dicha señal por un material absorbente comprendido en la pieza de guía ondas. La carga de potencia comprende un detector de radiofrecuencia, siendo posicionado dicho detector en el extremo opuesto a la abertura de la pieza de guía ondas, siendo dicha pieza tal que deja pasar una parte de la potencia de la señal de entrada en su extremo más próximo al detector, convirtiendo el detector de radiofrecuencia esta parte de la potencia en una señal de alarma A(t).

El detector de radiofrecuencia es, por ejemplo, un detector a diodos o a transistores.

En un modo de realización, la parte de potencia de la señal de entrada se transmite hacia el detector de radiofrecuencia mediante acoplamiento.

La señal de alarma corresponde, por ejemplo, a una tensión o una intensidad función de la potencia incidente de la parte de potencia presente en la entrada del detector.

La invención tiene principalmente como ventaja poder ser realizada completamente en la parte de radiofrecuencia de los circuitos embarcados, lo que facilita el diseño de los circuitos. Además, el ingeniero de radiofrecuencia no tendrá que interactuar con otras profesiones durante el diseño de los circuitos que implementan la invención, como por ejemplo unos ingenieros térmicos.

Otra ventaja es que el peso de la carga útil del satélite puede reducirse en varios kilos cuando se implementa la solución propuesta.

Surgirán otras características y ventajas de la invención con la ayuda de la descripción dada a continuación a título ilustrativo y no limitativo, realizada en relación con unos dibujos adjuntos entre los que:

- la figura 1 da un ejemplo de circuito de radiofrecuencia embarcado que comprende un sistema de detección térmica;
- la figura 2 da un ejemplo de carga de potencia;
- la figura 3 presenta una carga de potencia mejorada que comprende un detector de radiofrecuencia;
- la figura 4 da un ejemplo de circuito de radiofrecuencia embarcado que comprende un sistema de ganancia por señal de alarma;
- la figura 5 da un ejemplo de módulo de control de un amplificador de canal.

La figura 1 proporciona un ejemplo de circuito de radiofrecuencia embarcado que comprende un sistema de detección térmica. Este ejemplo permite transmitir unas señales sobre dos canales. Para ello, se utilizan dos cadenas de ganancias 100, 101. La primera cadena de ganancias 100 comprende, por ejemplo, un primer amplificador 102 de ganancia controlable, denominado amplificador de canal. Este amplificador recibe una señal a transmitir sobre el canal al que está asociado así como unas órdenes de control procedentes de un calculador integrado, también embarcado en el satélite. La señal amplificada por el primer amplificador 102 se amplifica de nuevo mediante el segundo amplificador 104, siendo este un amplificador de potencia, por ejemplo del tipo de tubo de onda progresiva. Este indicador 104 se designa en lo que sigue de la descripción por el acrónimo TWTA que procede de la expresión anglosajona "Traveling Wave Tube Amplifier". La señal así amplificada se transmite a través de un calculador 106, posteriormente de un conmutador 110 que realiza el direccionamiento entre estas cadenas de

- ganancias hacia uno de los filtros paso banda 114 del multiplexor OMUX. Un sistema de refrigeración compuesto por conductos calóricos 112, 113 ("heat pipes" en inglés) contribuyen a evacuar el calor hacia el espacio por radiación. Teniendo en cuenta las restricciones de volumen en el satélite, no pueden dimensionarse para disipar toda la potencia en caso de funcionamiento anormal. Para reforzar el control térmico, se coloca un termistor 116 en la proximidad del filtro 114 de manera que este genere una señal representativa de la temperatura de dicho filtro. Esta señal se transmite a continuación hacia un calculador integrado embarcado en el satélite. En función de la señal, el calculador determina una orden que permite reducir la ganancia del amplificador del canal 102 de manera que se disminuya la disipación térmica y se eviten de ese modo los deterioros de los componentes del sistema.
- La segunda cadena de ganancias 101 se asocia al segundo canal de transmisión. Se utilizan unos elementos del mismo tipo que los representados en la primera cadena 100, es decir un amplificador de canal cuya ganancia es controlable digitalmente 103, un amplificador TWTA 105, un circulador 107, un conmutador 111, uno de los filtros paso banda 115 del multiplexor OMUX y un termistor de medición 117 que genera una señal dirigida hacia el calculador integrado.
- La potencia reflejada en unos filtros del multiplexor OMUX es dirigida por los circuladores 106, 107 de los diferentes canales hacia una carga de potencia 108, 109 asociada a cada vía, siendo disipada entonces dicha potencia en forma de calor.
- Como se ha indicado anteriormente, este tipo de técnica tiene como inconveniente su tiempo de reacción, porque los termistores 116, 117 presentan unas características de inercia térmica que inducen un retardo significativo en la detección de las variaciones de temperatura medidas. Esta falta de reactividad del sistema con relación a las variaciones de temperatura puede traducirse por un daño irreversible de los equipos de telecomunicaciones embarcados.
- La figura 2 da un ejemplo de carga de potencia para aislador de alta potencia. Estas cargas de potencia están compuestas habitualmente por una pieza de guía ondas 200, por ejemplo de aluminio de forma rectangular u otra. Este guía ondas comprende un material absorbente 201, por ejemplo carburo de silicio SiC RS - 4200 CHP y está abierto en uno de sus extremos 203 y cerrado en el otro 202 de manera que forme un cortocircuito. Funciona entonces como una carga de potencia.
- De ese modo, cuando se utiliza un aislador de ese tipo para disipar la potencia reflejada en el multiplexor OMUX, la señal reflejada 204 es dirigida por un circulador hacia la carga de potencia tal como se ha descrito anteriormente, penetra en el guía ondas y se disipa.
- La figura 3 presenta una carga de potencia mejorada que comprende un detector de radiofrecuencia. Esta carga de potencia está compuesta por una pieza de guía ondas 300, por ejemplo de aluminio y de forma rectangular o cilíndrica. Dicho guía ondas comprende una abertura 303 por la que penetra la señal de entrada a atenuar 306. La atenuación se realiza gracias a la utilización de un material absorbente 301. En esta realización, un detector de radiofrecuencia 302 es excitado por una señal que pasa a través de un elemento de acoplamiento 308 situado en el extremo de la carga de potencia, es decir a la altura del extremo opuesto a la abertura 303. El guía ondas se concibe como un cortocircuito pero de manera que deje pasar una parte de potencia a la altura de su extremo 308 en contacto con el detector 302, por ejemplo por acoplamiento. El detector de radiofrecuencia es por ejemplo un detector de diodos. Esta parte de potencia es convertida en una señal de alarma A(t) por el detector 302. Esta señal de alarma corresponde a una tensión o una intensidad función de la potencia incidente en la entrada del detector 302. Esta señal de alarma puede utilizarse entonces de manera que controle los componentes de radiofrecuencia de la cadena de ganancias a la que se asocia un dispositivo de aislamiento y de alarma con el fin de reducir la temperatura de los componentes en caso de anomalía.
- La figura 4 da un ejemplo de circuito de radiofrecuencia embarcado que comprende un sistema de control térmico mediante señal de alarma.
- El ejemplo de la figura comprende dos cadenas de ganancias 400, 401. Para cada canal, se representan los mismos elementos que los descritos en los canales de la figura 1, es decir y para cada canal, un amplificador de canal controlable en ganancia 404, 409, un amplificador de potencia 405, 410, un circulador 406, 411, un conmutador 407, 412 y un multiplexor OMUX compuesto por varios filtros paso banda 408, 413.
- Los circuladores dirigen las señales reflejadas hacia unas cargas de alta potencia que comprende un detector de radiofrecuencia 402, 403. Estos aisladores generan una señal de alarma dirigida por una línea conductora 414, 415 hacia el amplificador del canal 404, 409. Un módulo de control del amplificador permite entonces ajustar la ganancia de dicho amplificador en función de la tensión / de la intensidad de dicha señal. El módulo de control está integrado por ejemplo en el amplificador del canal. En una realización alternativa, este puede implementarse en el exterior del amplificador.
- La figura 5 da un ejemplo de módulo de control de un amplificador de canal. La señal de alarma A(t) generada por el detector de radiofrecuencia de la carga de potencia descrita anteriormente se dirige hacia este módulo de control. Esta se introduce en un comparador de umbral 500 para ser comparada con una señal de umbral S. El valor de la señal de umbral S es una constante memorizada pero puede modificarse por programación del módulo de control.

La señal de salida del comparador 500 es una señal binaria $C(t)$ que corresponde a un '0' o a un '1'. La comparación es tal que, por ejemplo:

$$A(t) < S \Rightarrow C(t) = 0$$

$$A(t) \geq S \Rightarrow C(t) = 1$$

- 5 Un circuito interruptor 501 permite activar o desactivar la toma en consideración de la señal $C(t)$, lo que es equivalente a activar o desactivar la protección contra las elevaciones térmicas. Por ejemplo, una señal binaria $P(t)$ permite controlar esta activación tal que si $P(t) = 0$, la señal de salida del circuito $C'(t)$ es forzada a 0, y si $P(t) = 1$, $C'(t) = C(t)$.
- 10 La señal $C'(t)$ está disponible en la salida del módulo de control y permite indicar cuál es el estado del control al ordenador de a bordo.
- La señal $C'(t)$ se utiliza también como entrada de una puerta O lógica 502, correspondiendo la segunda entrada a una señal binaria de control $Mon(t)$, siendo tomada en cuenta la señal $C'(t)$ para el control del amplificador cuando, por ejemplo, $Mon(t) = 1$. En otros términos, la señal de salida $C''(t)$ de la puerta O 502 es tal que $C''(t) = C'(t)$ cuando $Mon(t) = 1$ y es forzada a 0 si $Mon(t) = 0$.
- 15 Un módulo de cálculo de la consigna de control 503 determina la consigna de control en función del valor de la señal $C'(t)$. Esta consigna puede ser una orden que permita desactivar el amplificador del canal asociado al módulo de control o bien una orden de ajuste de la ganancia de dicho amplificador teniendo en cuenta unas variaciones de la señal $C'(t)$ en un intervalo de tiempo dado. El cálculo de la consigna puede activarse o desactivarse con la ayuda de una señal $Moff(t)$.
- 20 En la solución propuesta, el tiempo de reacción que permite tener en cuenta una elevación anormal de la temperatura es particularmente corto. En efecto, el tiempo de reacción del detector así como el tiempo de cálculo de la consigna por el módulo de control son del orden de algunos milisegundos. Este orden de magnitud se ha de comparar con el asociado a los sistemas del estado de la técnica, como por ejemplo aquellos a base de termistores, cuyo tiempo de reacción puede llegar hasta varias decenas de segundos.
- 25 En ciertas realizaciones, los multiplexores de radiofrecuencia se conciben de manera que resistan los incrementos de temperatura debidos a las señales fuera de banda. Con la realización del sistema de control térmico mediante señal de alarma, las restricciones debidas a estas disipaciones son menores y es posible entonces dimensionar los filtros del multiplexor de modo que pueda realizarse una economía del orden de 80 gramos por canal, lo que es equivalente a varios kilos para el conjunto del circuito de radiofrecuencia embarcado.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Circuito de radiofrecuencia embarcado en un satélite, siendo transmitidos unos datos sobre varios canales mediante unas señales de radiofrecuencia, correspondiendo un canal a una banda de frecuencia, pudiendo asociarse una cadena de ganancias (400, 401) a un canal de manera que se genere la señal de radiofrecuencia a transmitir sobre este, incluyendo dicha cadena al menos un amplificador de ganancia variable (404, 409), siendo multiplexadas las señales de radiofrecuencia así generadas mediante un multiplexor compuesto por filtros paso banda (408, 413), estando dicho circuito **caracterizado porque** las cadenas de ganancias incluyen una carga de potencia (402, 403) dispuesta de manera que se disipe la potencia de señales reflejada por los filtros del multiplexor, incluyendo dicha carga unos medios para generar una señal de alarma A(t) representativa del nivel de potencia de las señales reflejadas, siendo utilizada esta señal de alarma para controlar la ganancia del amplificador de ganancia variable (404, 409).
2. Circuito según la reivindicación 1, **caracterizado porque** unos módulos de control asociados a las cadenas de ganancias comprenden unos medios (503) para determinar unas consignas de control del amplificador de ganancia variable de dichas cadenas, siendo deducidas dichas consignas de la comparación (500) entre una cantidad representativa de la señal de alarma A(t) y un valor de umbral S predefinido.
3. Circuito según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la cantidad representativa de la señal de alarma es su intensidad o su tensión.
4. Circuito según una cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3 **caracterizado porque** la consigna generada por un módulo de control es tal que el amplificador de ganancia variable de al menos una cadena de ganancias se desactiva cuando el valor representativo de la señal de alarma es superior o igual al valor de umbral S.
5. Carga de potencia compuesta por una pieza de guía ondas (300) hueca concebida como un cortocircuito, que comprende una abertura (303) por la que se introduce una señal de entrada (306) a atenuar, siendo atenuada dicha señal por un material absorbente (301) comprendido en la pieza de guía ondas (300), estando la carga de potencia **caracterizada porque** comprende un detector (302) de radiofrecuencia, estando situado dicho detector en el extremo (308) opuesto a la abertura (303) de la pieza de guía ondas, estando dispuesta dicha pieza de manera que deje pasar una parte de potencia de la señal de entrada (306) al nivel de su extremo (308) más próximo al detector (302), convirtiendo el detector de radiofrecuencia esta parte de potencia en una señal de alarma A(t) que es apta para controlar la ganancia de un amplificador de ganancia variable.
6. Carga de potencia según la reivindicación 5 **caracterizada porque** el detector de radiofrecuencia es un detector a diodos o a transistores (304).
7. Carga de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6 **caracterizada porque** la parte de potencia de la señal entrante se transmite hacia el detector de radiofrecuencia mediante acoplamiento (309).
8. Carga de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 **caracterizada porque** la señal de alarma corresponde a una tensión o una intensidad función de la potencia incidente de la parte de potencia presente en la entrada del detector.

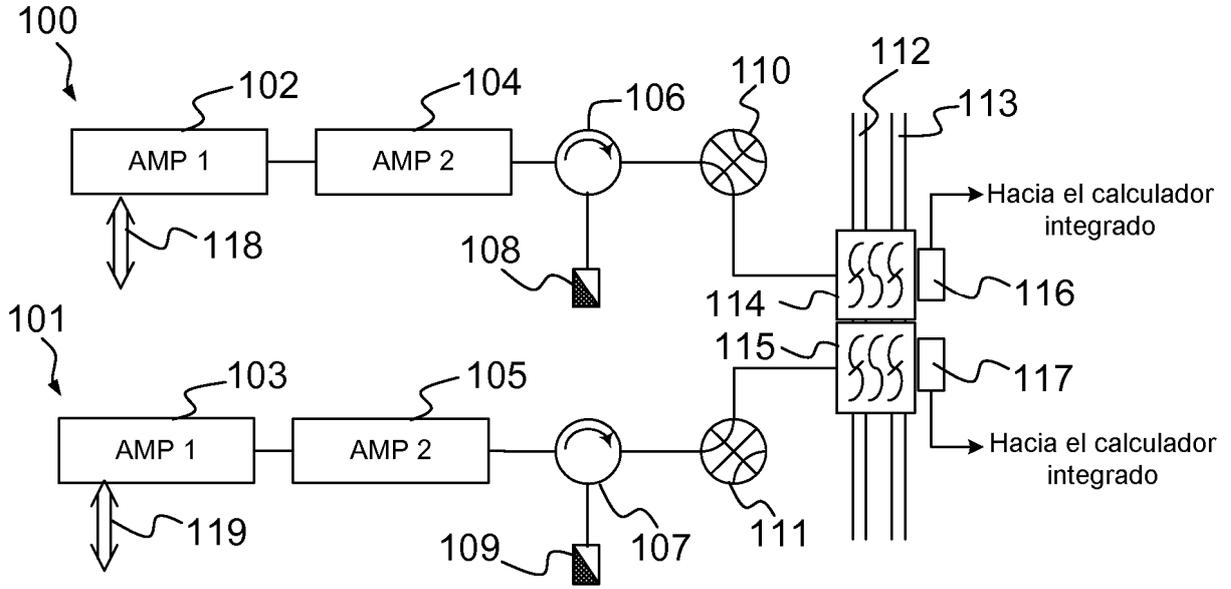


FIG.1

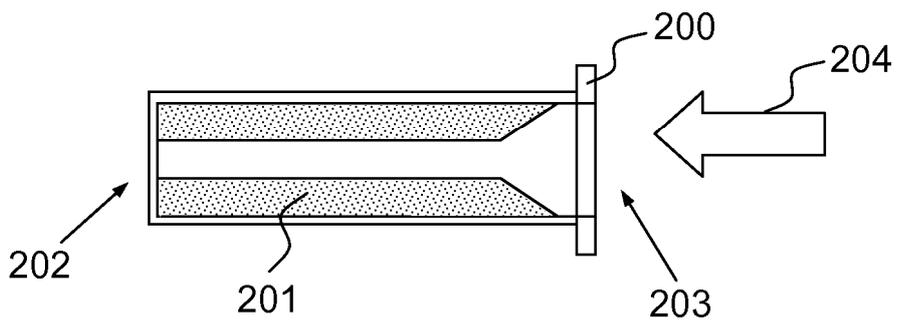


FIG.2

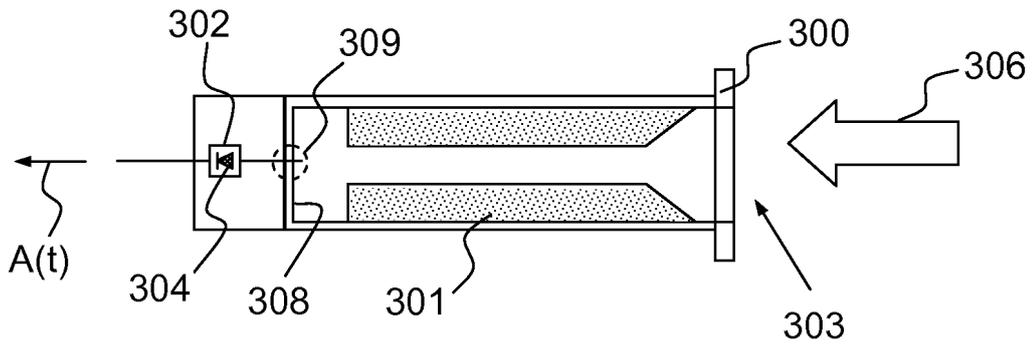


FIG.3

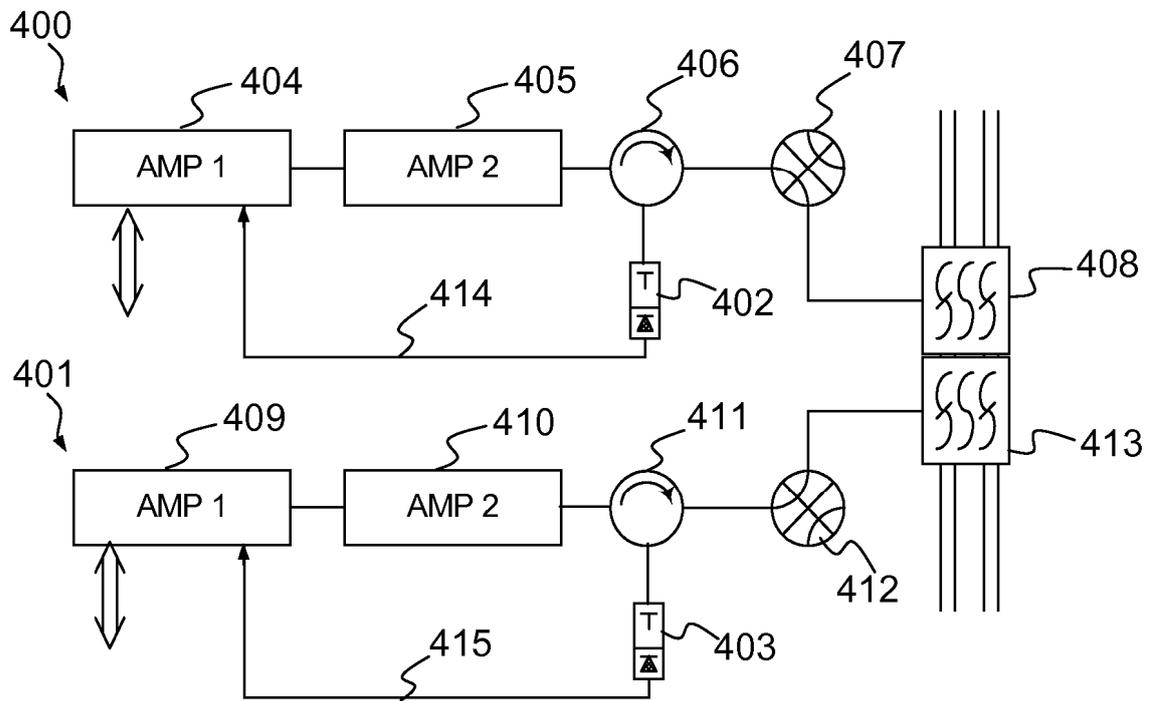


FIG.4

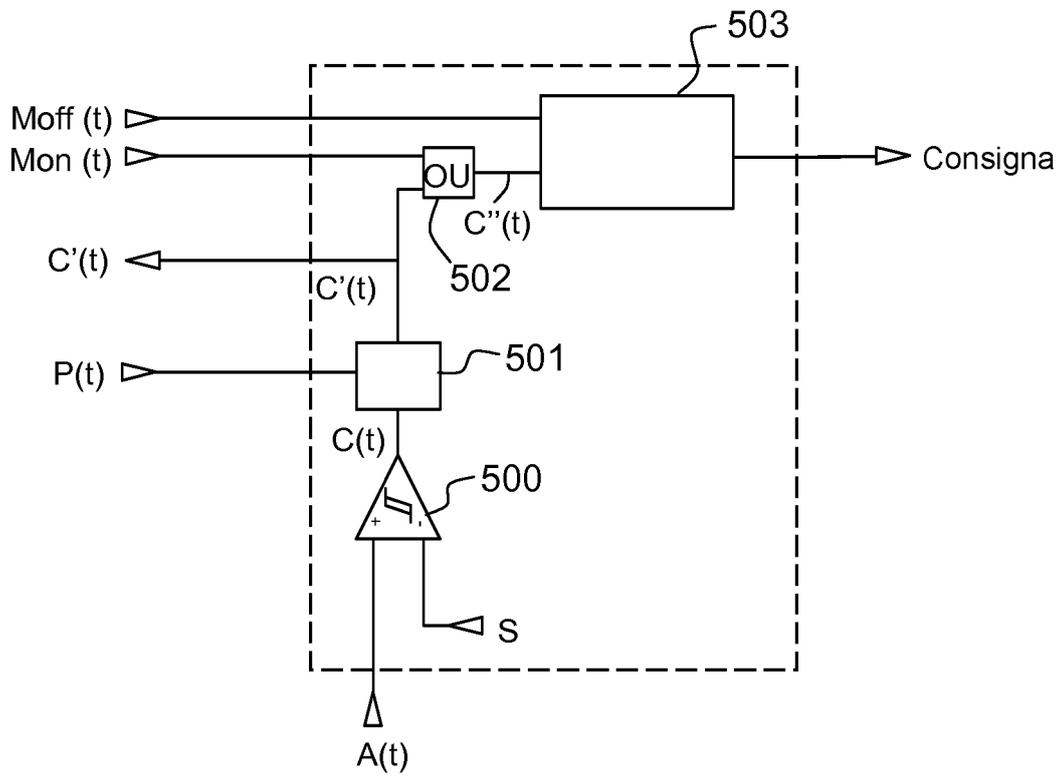


FIG.5