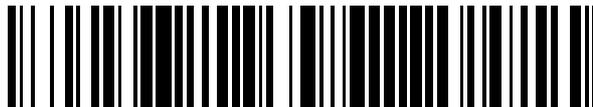


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 867**

51 Int. Cl.:  
**H03F 3/217** (2006.01)  
**H03F 1/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07859471 .0**  
96 Fecha de presentación: **20.12.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2092639**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.08.2009**

54 Título: **LÍMITE REAL DE CORRIENTE.**

30 Prioridad:  
**20.12.2006 DK 200601680**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.12.2011**

73 Titular/es:  
**BANG & OLUFSEN ICEPOWER A/S**  
**GL. LUNDETOFTEVEJ 1 B,**  
**2800 KGS. LYNGBY, DK**

72 Inventor/es:  
**NIELSEN, Ole Neis**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 370 867 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

Límite real de corriente

**Campo técnico**

5 Esta invención se refiere a la detección de corriente, monitorización de corriente y limitación de corriente en sistemas de conversión de potencia de audio utilizando técnicas de modo de conmutación también conocidas como amplificadores de audio de clase D.

10 La invención es especialmente útil en amplificadores auto-oscilantes de clase D.

**Antecedentes de la técnica**

15 En los amplificadores de audio tradicionales de Clase AB, el limitador de corriente de la señal de salida se implementa fácilmente y es una característica estándar. Esta característica sirve como una característica de protección en caso de un cortocircuito de los terminales de salida del amplificador, pero también como una característica de recorte de corriente. El beneficio de la característica de recorte de corriente es que el amplificador de audio continuará la reproducción de música, incluso en caso de una inmersión de la impedancia en el transductor o en el máximo local del material de música. En la amplificación de audio rara vez se acepta que tiene una parada cerrada o una parada temporal en caso de una situación de sobrecorriente. La música en todo momento es muy importante y, a menudo, un requisito.

25 En los amplificadores de audio de clase D, el recorte/protección de corriente es algo más difícil de aplicar debido a la naturaleza de conmutación de estos amplificadores. Cada vez es más difícil si es necesaria la limitación de corriente ciclo a ciclo sin parada. Para los amplificadores de audio de clase D temporizados, la característica de sobrecorriente y de recorte se puede implementar utilizando procedimientos de limitación de corriente conocidos a partir del diseño de la fuente de alimentación en modo de conmutación. Usando este procedimiento, también conocido como control de corriente programado (CPC), la característica de limitación de corriente ciclo a ciclo permite el recorte de la corriente tal como se conoce a partir de los amplificadores de audio de clase AB.

30 En el caso de los amplificadores de clase D controlados por tensión auto-oscilantes, el esquema de control programado de corriente estándar sólo se puede utilizar como parada cerrada o reinicio después de detección de la sobrecorriente. La limitación de corriente ciclo a ciclo no es posible usando los procedimientos estándar. Por lo tanto, en los amplificadores de clase D controlados por tensión auto-oscilantes, la característica de recorte de corriente no es una opción. Para los amplificadores de clase D controlados por tensión auto-oscilantes, el bucle de tensión durante un evento sobrecorriente se saturará y toda la acción de conmutación se detendrá. Esto da lugar a agujeros en la señal de audio y ruidosos fenómenos de reinicio causados por la recuperación de la saturación.

40 Además de las consideraciones respecto al uso de la estrategia de límite de la corriente correcta, el procedimiento de detección de corriente también puede dar lugar a ciertos problemas.

45 La forma más popular y barata de medir la corriente es mediante la adición de una resistencia de sentido en el circuito de alimentación. El límite de corriente se alcanza entonces cuando la tensión a través de la resistencia de detección alcanza un valor predeterminado. El inconveniente más importante de este procedimiento es la pérdida de potencia asociada con este procedimiento. La adición de una resistencia de detección en el circuito de alimentación contribuirá a un bucle de conmutación más grande, con los inconvenientes asociados a la contaminación EMI mayor. Para pequeños amplificadores de potencia, las pérdidas y el bucle del circuito de alimentación suelen ser manejables, pero para niveles de potencia mayores, la disipación de potencia y el circuito de conmutación aumentado se convierten en un problema grave.

50 Para gestionar los niveles de potencia superiores, se pueden utilizar transformadores de detección de corriente. Este enfoque se hará cargo del problema de pérdida de potencia y reducirá el tamaño del circuito de conmutación, pero el coste es mayor. Además, no es en todas las aplicaciones que este enfoque es manejable debido a los fenómenos de saturación en el transformador de corriente.

55 Un sensor hall también se puede utilizar para medir la corriente y este enfoque resolverá el problema de saturación del transformador de corriente. La desventaja de este procedimiento es el coste, sobre todo debido a la alta demanda en el sensor hall en términos de ancho de banda.

60 En general, todos los procedimientos de detección de corriente mencionados anteriormente interrumpen el circuito de alimentación que en este entorno de conmutación pueden dar lugar a problemas de EMI. Además, la ubicación del objeto detector de corriente puede dar lugar a problemas - especialmente si se utilizan resistencias de detección. Típicamente, la mejor ubicación para el dispositivo de detección es también el lugar más difícil para la interfaz con los circuitos de detección, por lo que se requiere a menudo el uso de costosos amplificadores operacionales.

65

Circuitos de detección y limitación de corriente de la técnica anterior para amplificadores de clase D se conocen a partir de los documentos US 6108182, US 6469575, US4415863, del artículo IEEE "Integrated Overcurrent Protection System for Class-D Audio Power Amplifiers", de M. Berkhout, diario IEEE de circuitos de estado sólido, vol. 40, nº. 11, noviembre de 2005, y a partir de la hoja de datos International Rectifier PD60303, "Protected Digital Audio Driver IRS20955 (S) PbF", puesto en línea el 12/11/2006.

### **Objetos de la invención**

Es el objetivo de la invención proporcionar un procedimiento de control y medios para detectar y limitar la corriente de carga del amplificador de tal manera que se consiguen los siguientes objetivos:

1) Recorte de corriente real del amplificador, mediante la introducción de un nuevo procedimiento de control de límite de corriente.

2) Mejora de la fiabilidad y de la robustez, ya que el procedimiento de detección de corriente puede implementarse a nivel local alrededor de los dispositivos semiconductores de conmutación que actúan de manera autónoma independiente de la dinámica del bucle de control y no hay necesidad de difícil comunicación del lado alto. Además, el esquema de límite de corriente proporciona un ajuste SOA (Área de Operación Segura) de forma automática.

3) Integración del circuito (fácil IC), al eliminar el dispositivo de detección externo en el circuito de alimentación, la invención se prepara para la integración.

4) Reducción de la complejidad, mediante la eliminación del dispositivo de detección externo en el circuito de alimentación.

5) Mejora de la eficiencia, ya que no hay ningún dispositivo de detección añadido en el circuito de alimentación que pueda dar lugar a pérdidas de potencia.

6) Mejora del rendimiento EMI, al eliminar el dispositivo de detección externo, los circuitos de conmutación se pueden optimizar para un mejor rendimiento EMI.

### **Sumario de la invención**

Los objetos de la invención se consiguen mediante:

1) Introducción de un nuevo esquema de control de limitación de corriente o un procedimiento que actúa localmente y de forma independiente de otros circuitos de control del amplificador. Este esquema de control se conoce como el esquema de límite de corriente real (TCL).

2) Un procedimiento de detección de corriente que permite que el esquema de control de TCL.

El procedimiento de detección de corriente propuesto de acuerdo con la invención se implementa a nivel local alrededor de cada dispositivo de conmutación controlada (MOSFET). El límite de corriente se establece mediante una referencia predeterminada que corresponde a la aplicación y al dispositivo de conmutación aplicado.

En una primera realización preferida, la limitación de corriente se implementa como un circuito auto-oscilante, proporcionado a nivel local alrededor del dispositivo de conmutación. En este modo de corriente auto-oscilante, la etapa de alimentación es independiente de todos los otros bucles de control y actúa sólo de acuerdo a la configuración del límite de corriente. La detección de la limitación de corriente se realiza directamente a través del dispositivo de conmutación mediante la detección de la caída de tensión a través del dispositivo mediante una disposición de diodos, fuentes de corriente y un circuito adicional para medir y detectar la tensión.

En una segunda realización preferida, el circuito limitador de corriente auto-oscilante se implementa asegurando un transistor fijo fuera de tiempo.

En una tercera y cuarta realización preferida, el límite de corriente se detecta mediante el uso de un circuito comparador. Después de la detección de una situación de sobrecorriente, la salida del comparador cambia a un nuevo estado que se mantiene durante un período de tiempo predeterminado, por ejemplo, 1,25 microsegundos.

En una quinta realización preferida, el circuito controlador del transistor apaga el dispositivo de conmutación de acuerdo con el estado de salida del circuito comparador.

En una sexta realización preferida de la invención, el esquema de limitación y detección de corriente no es necesario para comunicarse con el sistema de control global.

En una séptima realización preferida de la invención, los medios para medir y detectar la corriente se integran con la etapa de controlador y el control del límite de corriente en el mismo chip (IC - Circuito integrado).

### **Breve descripción de los dibujos**

5 La invención se comprenderá mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma en relación con los dibujos, donde:

10 La figura 1 muestra implementaciones de la técnica anterior de esquemas de limitación en un amplificador de clase D de un solo extremo. La información de la corriente típicamente se retroalimenta a la unidad de control global, que en el caso de una situación de sobrecorriente señala al controlador las etapas para la parada;

15 La figura 2 muestra un ejemplo de la técnica anterior de la corriente de audio en el caso de una situación de sobrecorriente. Especialmente para los sistemas auto-oscilantes, una situación de sobrecorriente se traducirá en una parada semipermanente hasta que el sistema de control global se haya recuperado. La corriente de audio resultante será muy distorsionada y discontinua;

20 La figura 3 muestra la etapa de salida de un amplificador de clase D de un solo extremo de acuerdo con la invención, utilizando un esquema de limitación de corriente controlada auto-oscilante. La detección de la corriente se realiza a nivel local mediante la medición de la caída de tensión en el dispositivo de conmutación;

La figura 4 muestra una realización preferida según la invención;

25 La figura 5 muestra un ejemplo de la forma de onda de corriente cuando la etapa de salida está en el modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante. La frecuencia de conmutación resultante viene dada por  $(T_{ON}+T_{OFF})^{-1}$ ; y

30 La figura 6 muestra la corriente de audio como resultado del uso de la invención. La corriente de audio se corta, pero ya no queda discontinua y mediante el uso de la invención, la etapa de salida del amplificador es capaz de ofrecer "Música en todo momento".

### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

35 Según la invención, el esquema de limitación de corriente y el procedimiento de proporcionar un modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante.

40 Después de detectar una situación de sobrecorriente, el controlador 16 en la etapa de conmutación de salida 17 se ve obligado a desconectar la etapa de salida. Si la sobrecorriente se detecta, el circuito de control de acuerdo con la invención obligará a un tiempo de desconexión predeterminado. Este tiempo de desconexión podría ser implementado en el comparador 6 utilizado en el circuito de detección. Después de la parada forzada, la etapa de salida es capaz de activarse de nuevo de acuerdo a la señal PWM 13 a la etapa del controlador. Si la situación de sobrecorriente está aún presente, la corriente en el dispositivo de conmutación 17 se elevará hasta el límite de corriente 22 y la etapa de salida se desactivará de nuevo durante la duración del tiempo de desconexión forzada 23. Por lo tanto, la etapa de salida entrará en el modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante con una frecuencia de conmutación dada por  $(T_{ON}(24) + T_{OFF}(23))^{-1}$ .

50 El modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante resulta en un bucle de corriente auto-oscilante que limita ciclo a ciclo el nivel de corriente y mantiene la salida de audio intacta, pero recortada. Durante esta acción de límite de corriente, los bucles del control del amplificador estarán saturados, lo que en la técnica anterior detuvo toda acción de conmutación y causó artefactos no deseados de audio.

55 Cuando el amplificador entra en el modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante, no hay comunicación con el bucle de control global. Esto es ventajoso, ya que cualquier comunicación con los controladores del lado bajo y alto es complicada. A pesar de que no hay comunicación, sigue siendo muy fácil determinar si el sistema está en modo de limitación de corriente. A menudo es necesario que la limitación de corriente sea monitorizada y que la información se pueda mostrar. Al comparar los pulsos PWM en la etapa de potencia (cruce entre Q1 y Q2 en la figura 4) con el bucle de control global, se puede determinar en qué estado está el amplificador. Si el circuito de control de retroalimentación global (figura 3) está saturado y los pulsos PWM en la etapa de potencia se detectan, entonces el amplificador está en el modo de limitación de corriente controlada auto-oscilante.

60 El procedimiento de detección de corriente de acuerdo con la invención elimina la necesidad de un dispositivo de detección externo. En cambio, la tensión a través del transistor FET se utiliza como una medida de la corriente a través del mismo.

65 En un amplificador de clase D (como para cualquier circuito de modo de conmutación), los transistores FET están totalmente encendidos o totalmente apagados, y las características de encendido son predominantemente resistivas.

La invención se aprovecha de esta naturaleza resistiva de los transistores FET cuando se encienden y mediante la invención pueden detectar la tensión a través del MOSFET y, de este modo, la corriente.

5 No es trivial medir la caída de tensión a través de un MOSFET de conmutación. Una medición directa de la caída de tensión en el dispositivo requerirá un tiempo crítico respecto a la conexión/desconexión de los circuitos de sonda con el fin de evitar tensiones destructivas cuando el dispositivo de conmutación se encuentra en su estado de apagado. La invención presenta una manera nueva en la técnica de detectar la tensión a través del dispositivo de conmutación mediante el uso de una red especial y una corriente de detección (3+10) para dar información acerca de la tensión a través del dispositivo y, por lo tanto, la corriente que fluye a través del mismo.

10 Según la invención, la corriente detectada se divide en dos partes iguales, tomando dos vías diferentes. La primera vía pasa por un diodo 20 conectado al dispositivo de conmutación 17, y la segunda vía pasa por un diodo 4 similar a un condensador 8. Puesto que los dos diodos son esencialmente iguales, la tensión en el condensador 8 hará un seguimiento de la tensión en el dispositivo de conmutación. Durante el tiempo de apagado del dispositivo de conmutación, la corriente de detección se desvía mediante un interruptor 11 para evitar una carga incorrecta del condensador de detección 8. La tensión de detección a través del condensador 8 es la entrada a un comparador 6. La entrada al terminal positivo del comparador 6 es una tensión de referencia 7. Esta tensión de referencia 7 puede ser una tensión fija o una tensión ajustable. Mediante la implementación de una referencia de tensión ajustable, el nivel límite de corriente se puede cambiar mediante el ajuste de la tensión 7. Otra forma de controlar el ajuste del límite de la corriente es mediante la adición de una resistencia 21 en serie con el diodo D1 20. En lugar de tener la caída de tensión de detección únicamente a través del dispositivo de conmutación, parte de la caída ahora será a través de la resistencia 21. Esto contribuirá a reducir de manera efectiva el ajuste del límite de la corriente.

25 En el caso de que la tensión de detección a través de condensador C1 8 alcance la tensión de referencia 7, la salida del comparador cambiará de estado, que indica una situación de sobrecorriente. En el caso de una situación de sobrecorriente, el estado de salida del comparador 6 obligará a la etapa del controlador 16 para parar el dispositivo de conmutación. Según la invención, el comparador tendrá incorporado un tiempo de retención forzada, por ejemplo, 1,25 microsegundos, en caso de una situación de sobrecorriente. Después del tiempo de retención forzada, el dispositivo de conmutación se puede activar de nuevo. Si la situación de sobrecorriente está aún presente, el dispositivo de conmutación se apaga de nuevo durante la duración del tiempo de retención forzada. De esta manera, el esquema de protección de corriente transforma la etapa de salida a un bucle de limitador de corriente controlado auto-oscilante.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la detección de corriente y la limitación de corriente en un amplificador de clase D auto-oscilante que comprende un modulador de ancho de pulso, un circuito de controlador, uno o más semiconductores de conmutación de salida (17) y un sistema de control global, incluyendo el procedimiento
- 5 (i) detectar la corriente directamente a través de los terminales de dichos semiconductores de conmutación de salida (17), y
- 10 (ii) limitar la corriente mediante un bucle local auto-oscilante controlado de forma autónoma que comprende un circuito comparador con entradas y salidas, nivel de referencia y nivel de detección para dicho comparador que controla dicho circuito de controlador;
- 15 en el que el procedimiento se caracteriza por una disposición de fuentes de corriente (3, 10), diodos (4, 20) y circuitos de detección, creando una vía de corriente dividida en dos vías de corriente iguales, de las cuales la primera vía de corriente detecta la tensión a través del dispositivo de conmutación y, en consecuencia, la tensión a través de la segunda vía de corriente refleja la tensión aquí detectada y es igual a la tensión a través del dispositivo de conmutación.
- 20 2. Procedimiento para la limitación de corriente según la reivindicación 1, en el que la acción de limitación de corriente se caracteriza porque dicho circuito de controlador apaga dichos semiconductores de conmutación de salida en caso de una detección de sobrecorriente.
- 25 3. Procedimiento para la limitación de corriente según las reivindicaciones 1 y 2, en el que la acción de limitación de corriente se caracteriza por un tiempo de desconexión fijo para dichos semiconductores de conmutación de salida.
- 30 4. Procedimiento para la limitación de corriente según las reivindicaciones 1, 2 y 3, en el que la acción de limitación de corriente se caracteriza por un tiempo determinado de forma asincrónica para la desconexión de dichos semiconductores de conmutación de salida.
- 35 5. Procedimiento para la limitación de corriente según las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizado porque dicho comparador cambia de estado de salida en función del nivel de referencia y el nivel de detección.
6. Procedimiento para la limitación de corriente según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho comparador tiene un tiempo de espera forzado.
7. Procedimiento para la detección y la limitación de corriente según las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la actuación de la detección y la limitación no tienen ninguna comunicación con dicho sistema de control global.
- 40 8. Procedimiento para la detección y la limitación de corriente según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por su integración en un chip (IC, Circuito integrado).
- 45 9. Amplificador de clase D auto-oscilante que comprende un modulador de ancho de pulso, un circuito de controlador, uno o más semiconductores de conmutación de salida y un sistema de control global, en el que dicho amplificador de clase D auto-oscilante comprende:
- 50 (i) medios para la detección de corriente directamente a través de los terminales de dichos semiconductores de conmutación de salida;
- (ii) una disposición de fuentes de corriente, diodos y circuitos de detección, creando una vía de corriente dividida en dos vías de corriente iguales, de las cuales la primera ruta de corriente detecta la tensión a través del dispositivo de conmutación y, en consecuencia, la tensión en la segunda vía de corriente refleja la tensión aquí detectada y es igual a la tensión a través del dispositivo de conmutación;
- 55 (iii) un bucle local auto-oscilante controlado de manera autónoma que comprende un circuito comparador con entradas y salidas, nivel de referencia y nivel de detección para dicho comparador que controla dicho circuito de controlador;
- (iv) medios para la limitación de corriente, en el que dicho circuito comparador controla de forma asíncrona dicho circuito de controlador en un tiempo de desconexión fijo.
- 60 10. Amplificador de clase D auto-oscilante según la reivindicación 9, que comprende: un sistema de detección y limitación de corriente que no tiene ninguna comunicación con dicho sistema de control global.
- 65 11. Amplificador de clase D auto-oscilante según la reivindicación 10, que comprende:

un sistema de detección y limitación de corriente integrado en un chip (IC, circuito integrado).

Fig. 1.

Técnica Anterior

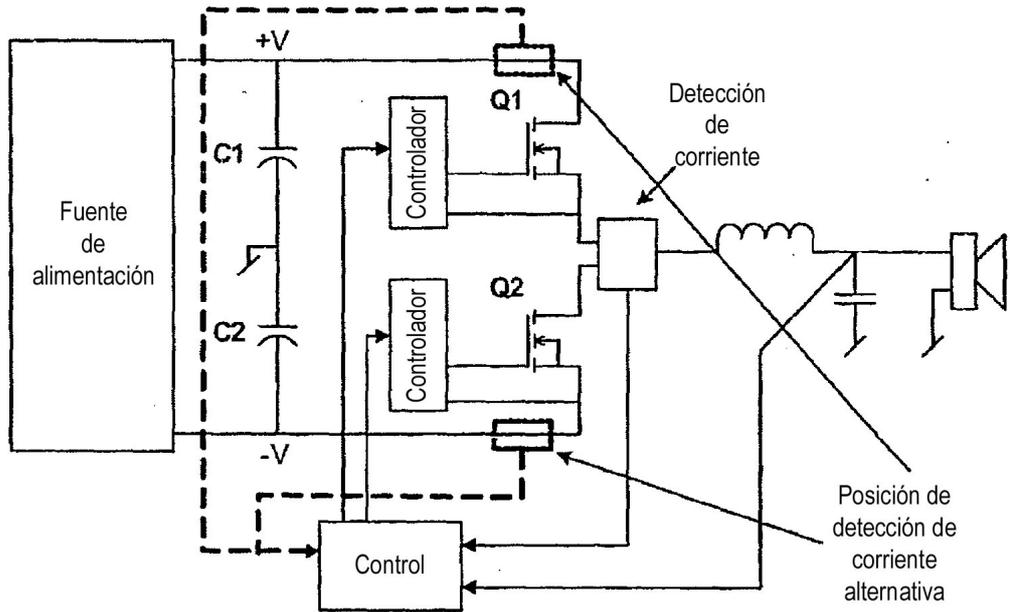


Fig. 2.

Técnica Anterior

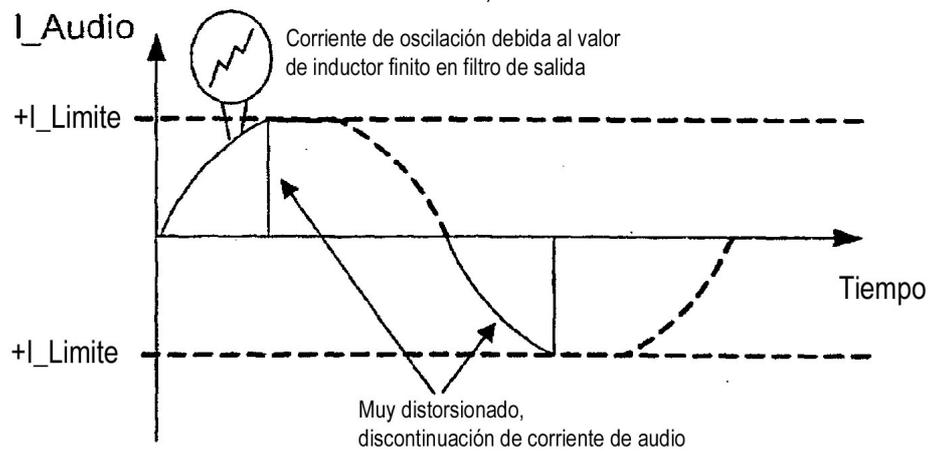


Fig. 3

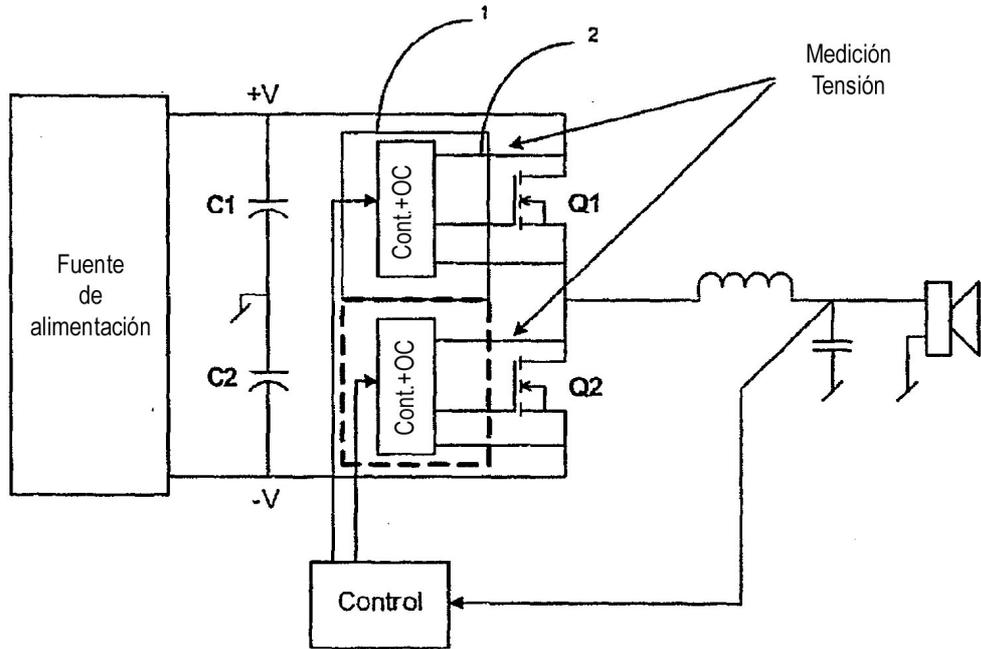


Fig. 4

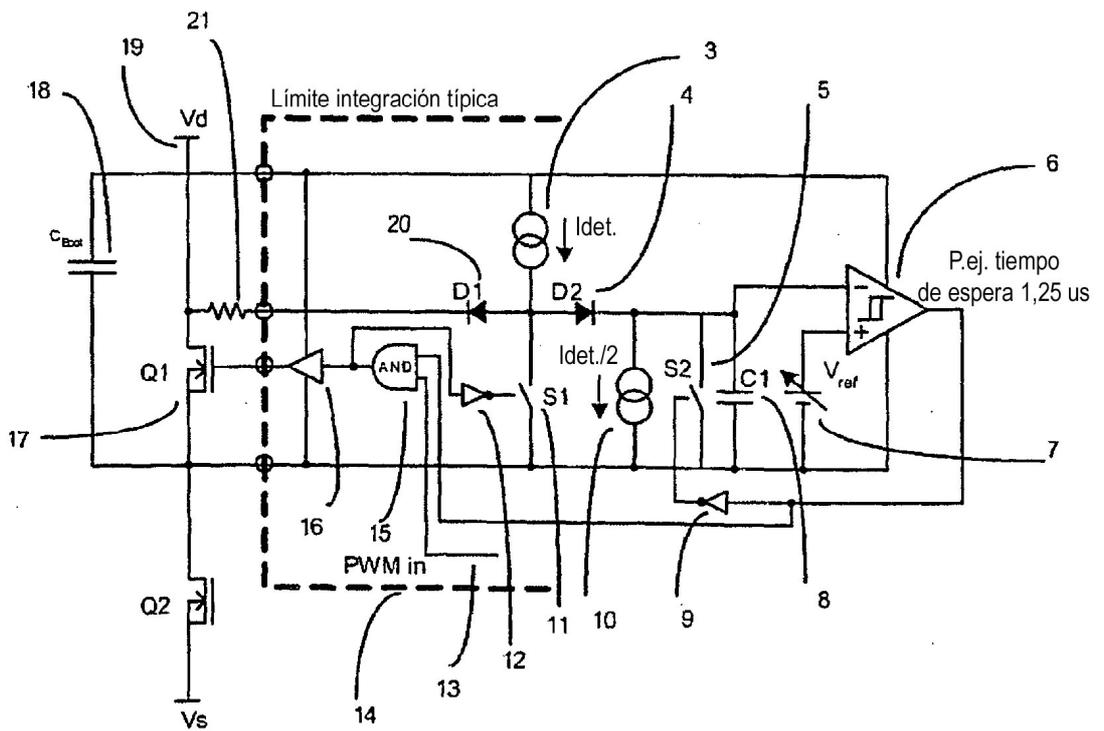


Fig. 5

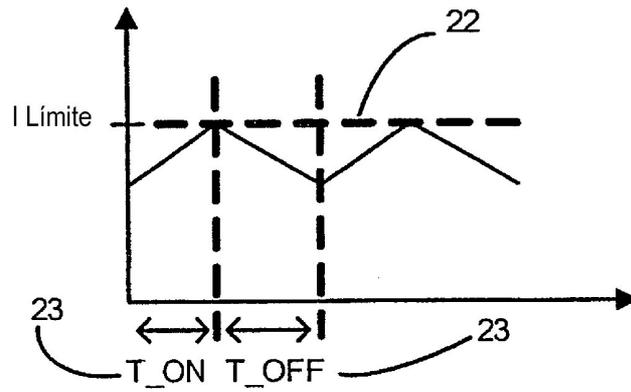


Fig. 6

