

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 724**

51 Int. Cl.:

H02M 3/156 (2006.01)

H02M 1/44 (2007.01)

H04B 15/00 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

H04B 15/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2011 PCT/DK2011/050121**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2011 WO11131201**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2011 E 11771618 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2561605**

54 Título: **Una fuente de alimentación y un método de operación**

30 Prioridad:

23.04.2010 DK 201000360

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

10.04.2019

73 Titular/es:

PR ELECTRONICS A/S (100.0%)

Lerbakken 10

8410 Rønde, DK

72 Inventor/es:

LINDEMANN, STIG y

NIELSEN, MADS KOLDING

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 708 724 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

Una fuente de alimentación y un método de operación

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una fuente de alimentación y a un método de operación de la misma, en particular, a una fuente de alimentación conmutada y a un método para proteger tal fuente de alimentación de variaciones en la tensión y la corriente.

10

Antecedentes de la invención

Las fuentes de alimentación conmutada (SMPS, por sus siglas en inglés) son un tipo sobradamente conocido de fuente de alimentación, adecuado para tomar una fuente de alimentación de entrada estándar (por ejemplo, una fuente de alimentación por la red de energía eléctrica), que realiza una operación de conversión y que proporciona una salida de energía eléctrica deseada. Una SMPS comprende un regulador de conmutación para conmutar la entrada a un transformador acoplado con un elemento de almacenamiento, por ejemplo, un condensador o un inductor. La tensión de salida puede regularse usando la frecuencia de conmutación y/o las características del transformador/condensador/inductor.

15

20

Para mejorar la operación, se conoce la aplicación de diferentes técnicas a las SMPS, por ejemplo, la aplicación de una modulación de espectro ensanchado en un esfuerzo por reducir la interferencia electromagnética (EMI, por sus siglas en inglés) en las SMPS.

25

Sin embargo, uno de los problemas con las SMPS es que con algunos transformadores, una subida en la temperatura del sistema puede conducir a una degradación en el aislamiento de los cables de los arrollamientos del transformador, y conducir posiblemente a un cortocircuito en el transformador, ya que el aislamiento puede fundirse entre arrollamientos adyacentes. Los niveles elevados de corriente producidos por tal cortocircuito pueden dañar los componentes eléctricos en el sistema.

30

Otro problema es que las fluctuaciones de tensión en las SMPS pueden dar como resultado fluctuaciones en la salida de las SMPS, lo que puede dar como resultado un daño a cualesquiera componentes conectados a la salida de las SMPS o a una funcionalidad incorrecta debido a niveles de tensión incorrectos.

35

La guía de diseño y aplicación para el SG 6859 divulga una función de saltos de frecuencia que mejora el rendimiento EMI del sistema, La frecuencia de conmutación de PWM salta entre 70 KHz +/- 4,9 KHz (intervalo de saltos). El periodo de saltos (t_{hop}) es de aproximadamente 3,7 ms ($R1 = 95 \text{ kohm}$).

40

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una fuente de alimentación y un método para controlar tal fuente de alimentación que impide daños a los componentes debido a las variaciones en la tensión y la corriente.

Sumario de la invención

45

La invención está definida en las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones ventajosas adicionales.

50

En consecuencia, se proporciona un método para controlar una fuente de alimentación conmutada, comprendiendo la fuente de alimentación un circuito de conmutación para recibir una tensión de alimentación y emitir una tensión conmutada, y un circuito convertidor acoplado a dicho circuito de conmutación y accionado mediante dicha tensión conmutada para producir una tensión de salida requerida, comprendiendo el método las etapas de:

55

proporcionar una señal de accionamiento a dicho circuito de conmutación para regular la frecuencia de conmutación de dicho circuito de conmutación, y aplicar una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento para reducir la interferencia electromagnética en la fuente de alimentación supervisando la tensión de alimentación a dicho circuito de conmutación durante la operación de dicho circuito de conmutación y deteniendo la operación de dicho circuito de conmutación si dicha tensión de alimentación supervisada cae por debajo de un valor umbral de tensión de operación,

60

supervisar la tensión de alimentación a dicho circuito de conmutación durante la operación de dicho circuito de conmutación y detener la operación de dicho circuito de conmutación si dicha tensión de alimentación supervisada cae por debajo de un valor umbral de tensión de operación.

65

Como el sistema puede operarse para detectar errores en la tensión de alimentación supervisada y para parar la operación del circuito tras la detección de tales errores, el sistema opera con una característica de seguridad contra el fallo que puede impedir daños a los componentes del circuito, proporcionando una tensión de salida constante con EMI reducida.

Preferentemente, el método incluye, además, un procedimiento de arranque para arrancar la operación de dicho circuito de conmutación que comprende:

5 supervisar la tensión de alimentación a dicho circuito de conmutación cuando dicho circuito de conmutación no opera, y arrancar dicho circuito de conmutación cuando dicha tensión de alimentación supervisada sobrepase un valor umbral de la tensión de arranque.

10 Al supervisar la tensión de arranque antes de la operación y al garantizar que la tensión sobrepasa un umbral de arranque requerido, el sistema garantiza una operación regular de la SMPS y una tensión de salida constante.

Preferentemente, dicho valor umbral de la tensión de arranque es mayor que dicho valor umbral de la tensión de operación.

15 Como la tensión de arranque requerida es mayor que el umbral de la tensión de operación, esto introduce un efecto de histéresis a la fuente de tensión, y proporciona al sistema una característica adicional de seguridad contra el fallo, lo que garantiza una operación regular.

Preferentemente, la etapa de supervisión comprende:

20 tomar muestras de una pluralidad de tensiones de alimentación sucesivas, promediar dicha pluralidad de tensiones de alimentación de muestra para proporcionar una tensión de alimentación promediada y comparar la tensión de alimentación promediada con un valor umbral de la tensión.

25 Como las tensiones se promedian cuando se comparan con un umbral, los errores temporales intermitentes en la alimentación o la detección se eliminan del sistema de seguridad contra el fallo mediante filtración, lo que proporciona una operación más fiable del dispositivo.

30 Preferentemente, el método comprende, además, las etapas de:

supervisar el flujo de corriente a través de dicho circuito de conmutación durante la operación de dicho circuito de conmutación y detener la operación de dicho circuito de conmutación si dicho flujo de corriente supervisado sobrepasa un valor umbral de corriente de flujo.

35 Al supervisar el flujo de corriente, el sistema puede operarse para impedir daños a los componentes del sistema, por ejemplo, el cableado del transformador, debido a niveles elevados de corriente, por ejemplo, de defectos de avalancha provocados por un aumento de la temperatura del sistema/aumento de la corriente.

40 Preferentemente, dicha fuente de alimentación comprende una resistencia proporcionada en serie con dicho circuito de conmutación, y en donde dicha supervisión de la corriente comprende medir el flujo de corriente a través de dicha resistencia.

45 Preferentemente, dicha etapa de supervisión de la corriente comprende:

tomar muestras de una pluralidad de valores del flujo de corriente sucesivos, promediar dicha pluralidad de valores del flujo de corriente de muestra para proporcionar un primer flujo de corriente promediado y comparar dicho primer valor del flujo de corriente promediado con un valor umbral del flujo de corriente.

50 Preferentemente, dicha etapa de comparación comprende: grabar una pluralidad de valores del flujo de corriente promediados sucesivos, y en donde dicha etapa de detención de la operación de dicho circuito de conmutación se realiza cuando un número predefinido de dicha pluralidad de valores promediados sobrepasa dicho valor umbral del flujo de corriente.

55 Al supervisar una serie de valores de la corriente promediados, una filtración de ventana deslizante de la corriente supervisada se realiza eficazmente, lo que elimina los errores de una detección incorrecta o puntas menores en el flujo de corriente detectado.

60 Preferentemente, al menos una de dichas etapas de supervisión de la fuente de tensión de operación y supervisión del flujo de corriente se realiza en paralelo a dicha etapa de aplicación de una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento.

65 Al realizar estas etapas en paralelo, el sistema resulta particularmente adecuado para operar usando un microprocesador que tenga un ancho de banda de procesamiento restringido.

Preferentemente, dicha etapa de aplicación de una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento comprende las etapas de:

- 5 (i) generar un primer número pseudoaleatorio;
- (ii) seleccionar un valor de frecuencia basándose en dicho número pseudoaleatorio;
- (iii) proporcionar una señal de accionamiento que tenga dicho valor de frecuencia seleccionado;
- (iv) generar un nuevo número pseudoaleatorio; y
- (v) repetir las etapas (ii)-(iv) en un ciclo de bucle principal a lo largo de la duración de la operación del circuito de conmutación.

10 Preferentemente, dichas etapas (ii) y (iii) se repiten para una pluralidad de iteraciones dentro de dicho ciclo de bucle principal.

15 Preferentemente, dicho número pseudoaleatorio es un número binario, y en donde la etapa (ii) comprende seleccionar entre un primer valor de frecuencia y un segundo valor de frecuencia basándose en una operación de acumulación realizada en al menos una porción de dicho número pseudoaleatorio binario.

20 Al seleccionar diferentes frecuencias de conmutación basándose en la operación de acumulación, la invención proporciona una granularidad adicional de modulación para cada número pseudoaleatorio generado.

20 Preferentemente, al menos una de dichas etapas de supervisión de la fuente de tensión de operación y supervisión del flujo de corriente se realiza en paralelo a dichas etapas (ii) y (iii) de dicho ciclo de bucle principal.

25 Preferentemente, dicha etapa de supervisión de la corriente se realiza después de un número predefinido de ciclos de bucle principal sucesivos de supervisión de la tensión de operación.

Preferentemente, dicha fuente de alimentación comprende un generador pseudoaleatorio, y en donde el método comprende, además, las etapas de:

- 30 detectar si el generador pseudoaleatorio entra en una condición de interbloqueo; y
- restablecer el generador pseudoaleatorio si se detecta una condición de interbloqueo.

También se proporciona una fuente de alimentación conmutada que comprende:

- 35 un circuito de conmutación para recibir una tensión de alimentación y emitir una tensión conmutada;
- un circuito convertidor acoplado en dicho circuito de conmutación y accionado por dicha tensión conmutada para producir una tensión de salida requerida; y
- un controlador acoplado a dicho circuito de conmutación, pudiendo operarse dicho controlador para realizar cualquiera de las etapas del método descritas.

40 La invención también proporciona un método para operar conmutadores de semiconductores mediante modulación por ancho de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés) en una fuente de alimentación conmutada que se realiza mediante al menos las siguientes etapas:

- 45 a: un controlador digital genera señales de conmutación en la forma de frecuencias portadoras para los conmutadores de semiconductores en unos periodos de tiempo en los que el conmutador de semiconductores está conduciendo,
- b: en el controlador digital, una selección de frecuencias portadoras se realiza en una tabla de frecuencias aleatorias,
- 50 c: el procesador digital realiza una medición de la tensión mediante un convertidor analógico-digital, cuyo convertidor digital transmite valores de tensión digital al procesador digital
- d: el controlador digital genera frecuencias portadoras desplazándose en el dominio de tiempo entre un conjunto discreto de frecuencias portadoras,
- 55 e: el controlador digital realiza una adaptación a escala continua del periodo de tiempo para ajustar cada frecuencia portadora.

Descripción de la invención

60 A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Fig. 1 es un diagrama de circuito de una SMPS de acuerdo con un aspecto de la invención;
- la Fig. 2 es un diagrama de circuito de una mejora del circuito de la Fig. 1;
- las Figs. 3 y 4 ilustran diagramas de circuito alternativos al circuito de la Fig. 1;
- 65 la Fig. 5 es un diagrama de proceso simple de un método de control general para el circuito de las Figs. 1 y 2;
- la Fig. 6 es un diagrama de proceso simple para el proceso de bucle principal de la Fig. 5;

la Fig. 7 es un diagrama de proceso para un procedimiento de arranque del proceso de la Fig. 5;
 la Fig. 8 es un diagrama de proceso para un procedimiento de operación del proceso de la Fig. 5;
 la Fig. 9 es una gráfica del nivel de tensión durante una operación de toma de muestras del circuito de la invención;
 la Fig. 10 es una gráfica del nivel de flujo de corriente durante una operación de toma de muestras del circuito de
 5 la invención;
 la Fig. 11 es un diagrama ilustrativo de la operación de modulación por ancho de pulsos (PWM) de un
 microprocesador de toma de muestras;
 la Fig. 12 muestra una señal de conmutación de onda cuadrada sin modular y la correspondiente gráfica de
 frecuencia;
 10 la Fig. 13 muestra la gráfica de frecuencia para la señal de conmutación de la Fig. 12 y una gráfica de frecuencia
 para una señal de conmutación idéntica que usa modulación de espectro ensanchado;
 la Fig. 14 ilustra el efecto de ensanchamiento del ancho de banda de la modulación de espectro ensanchado;
 la Fig. 15 ilustra la reducción en amplitud derivada del uso de la modulación de espectro ensanchado;
 la Fig. 16 ilustra un ejemplo del espectro ensanchado de saltos de frecuencia para su uso con el sistema de la
 15 invención;
 la Fig. 17 ilustra un ejemplo de modulación por desplazamiento de frecuencia con fase continua para su uso con
 el sistema de la invención;
 la Fig. 18 ilustra la interacción de toma de muestras de una serie de registros de un microprocesador de toma de
 muestras para su uso con el sistema de la invención;
 20 la Fig. 19 muestra un generador pseudoaleatorio de toma de muestras para su uso con el sistema de la invención;
 y
 la Fig. 20 es un diagrama de circuito de una fuente de alimentación conmutada completa de una realización de la
 invención.

25 La Fig. 1 muestra un circuito para una fuente de alimentación conmutada (SMPS) de la invención. El circuito
 comprende un microprocesador 10 acopado a una tensión de alimentación 12 a través de un divisor de tensión que
 comprende resistencias R1 y R2. El circuito comprende, además, una porción de conmutación, en esta realización de
 un tipo de medio puente H, que comprende un par de MOSFET (transistores de efecto de campo metal-óxido-
 30 semiconductor, por sus siglas en inglés) Q1 (MOSFET de tipo P) y Q2 (MOSFET de tipo N), acoplados al Vcc y
 accionados por salidas del microprocesador 10. (También se proporciona una circuitería apropiada para la correcta
 operación de los componentes del sistema, por ejemplo, un condensador C2 proporcionado entre la salida del
 microprocesador 10 y la puerta del MOSFET Q1 de tipo P). El circuito comprende, además, un circuito convertidor que
 comprende un transformador T1 y un condensador C1, con la salida del circuito de conmutación acoplada a dicho
 35 transformador T1 a través de dicho condensador C1. La salida del transformador T1 a través de la terminal 14 depende
 de la frecuencia de conmutación de los MOSFET Q1 y Q2 del circuito de conmutación, que pueden seleccionarse para
 proporcionar el nivel de tensión deseado en la terminal de salida 14.

40 En la Fig. 2 puede observarse una versión mejorada del circuito, que tiene componentes similares y números de
 referencia correspondientes al circuito de la Fig. 1. En la Fig. 2, el circuito está conectado a la tensión de alimentación
 12 externa, que se convierte usando un primer convertidor CC/CC 20 para proporcionar Vcc. Vcc se convierte
 posteriormente usando un segundo convertidor CC/CC 22 para proporcionar Vcc_uP (Vcc adecuado para su uso por
 el microprocesador 10).

45 La Fig. 2 incluye, además, una resistencia R3 acoplada en serie con los MOSFET Q1 y Q2, entre los MOSFET y el
 suelo, para que el microprocesador 10 pueda supervisar el flujo de corriente a través de los MOSFET Q1 y Q2. La
 salida 14 del circuito puede conectarse a una carga eléctrica 24.

50 Entre los ejemplos adicionales de posibles circuitos de conmutación que pueden usarse en el sistema de la invención
 puede incluirse un convertidor en contrafase, por ejemplo, que usa unos MOSFET Q3 y Q4 de tipo N (tal y como se
 ilustra en la Fig. 3) o que usa unos MOSFET Q5 y Q6 de tipo P (tal y como se ilustra en la Fig. 4).

55 Con referencia a la Fig. 5, se ilustra un diagrama de proceso general del proceso de control para el circuito de la
 invención. Tras arrancar la SMPS, el sistema entra en el procedimiento de inicialización Init 100. La fase Init 100 puede
 comprender cualesquiera operaciones de inicialización requeridas para el circuito y el microprocesador 10 usados, por
 ejemplo, realiza una inicialización de los registros; elimina todos los registros de propósito general, ajusta aquellos
 registros de propósito general que necesitan inicializarse a algo diferente de cero.

60 Una vez se ha completado la inicialización, el sistema procede a la operación principal 102 del dispositivo. El sistema
 entra en un bucle de espera 104, para que las tensiones en el sistema puedan elevar los niveles antes de continuar la
 ejecución del programa. Entonces, el sistema realiza una medición de alimentación inicial 106 (descrita en mayor
 detalle más adelante), para determinar que existe una tensión de alimentación estable.

65 Una vez que el sistema pasa la etapa de medición de alimentación inicial, el sistema procede al bucle de operación
 principal, bucle principal 108. Aquí, el sistema puede operar en un bucle continuo, produciendo la tensión de salida
 deseada mientras se satisfagan las condiciones de operación. Si tales condiciones se infringen, el sistema puede
 operarse para entrar en un procedimiento 110 de seguridad contra el fallo, que puede operarse para ajustar la salida

para los transistores de accionamiento a un estado conocido, y devolver el sistema a la etapa 106 para realizar nuevamente la medición de alimentación inicial, antes de regresar al bucle 108 de operación estándar.

Con referencia a la Fig. 6, dentro del procedimiento del bucle principal 108, se realiza una serie de etapas o bloques 112 de bucle. Dentro de estas etapas 112, se realiza la modulación de espectro ensanchado de la conmutación del circuito, en paralelo con la supervisión de la tensión de operación y/o la supervisión del flujo de corriente. La modulación de espectro ensanchado se describe en mayor detalle más adelante. En la realización mostrada en la Fig. 6, se realizan 16 etapas o bloques separadas/os para cada iteración del bucle principal 108, pero se entenderá que pueden usarse configuraciones y/o números de bloques alternativas/os por iteración del bucle principal.

En la Fig. 7, se detalla el procedimiento de arranque del sistema incluidas las etapas de la etapa 106 de medición de alimentación inicial. La etapa de inicialización 100 da comienzo al procedimiento de arranque, en donde el microprocesador 10 toma muestras de la tensión de arranque (etapa 114) midiendo la tensión de alimentación 12 externa. El microprocesador 10 se mantiene en un bucle de toma de muestras hasta que un número adecuado de tensiones de muestra separadas se haya medido y almacenado en el microprocesador 10 (etapa 116 - en este caso, 8 muestras separadas).

Una vez que se ha grabado el número predefinido de número de muestras, el microprocesador 10 encuentra el nivel de tensión promedio de la tensión de alimentación 12 externa (etapa 118) y compara este promedio con un umbral de la tensión de arranque predefinido (etapa 120). Si la tensión de arranque de muestra promedio es mayor que el umbral, el circuito de conmutación puede arrancarse con seguridad (etapa 122 - en este caso puede arrancarse la porción del microprocesador que actúa como el excitador para el circuito del medio puente H). Una vez que se ha arrancado el circuito de conmutación, el proceso de control se mueve a la fase 108 de operación de bucle principal.

En la Fig. 8, se detallan las etapas de la fase 108 de operación de bucle principal. Una vez que se ha arrancado el excitador de medio puente H (etapa 122 de la Fig. 7), se usa un generador de números pseudoaleatorios para generar un número pseudoaleatorio (etapa 124). Esto se usa en la modulación de espectro ensanchado para seleccionar una frecuencia particular para la señal de accionamiento del circuito de conmutación (descrita en mayor detalle más adelante). En paralelo con la modulación de espectro ensanchado realizada en el bucle principal 108, el sistema puede operarse para supervisar la tensión y/o la corriente del sistema, para garantizar una operación satisfactoria.

Preferentemente, el sistema puede operarse para realizar una operación de supervisión o bien de tensión o bien de corriente para cada ciclo de bucle principal 108. Como se genera el número pseudoaleatorio, el sistema puede operarse para determinar si deberían tomarse muestras o bien de la tensión o bien de la corriente para la presente iteración del bucle principal (etapa 126). Preferentemente, el sistema realiza inicialmente una operación de supervisión de la tensión, y puede operarse para realizar una operación de supervisión de la corriente una vez se ha realizado un número predefinido de operaciones de supervisión de la tensión o una vez se ha realizado un número predefinido de iteraciones del bucle principal 108.

Si ha de supervisarse la tensión, el microprocesador 10 procede a tomar muestras de la tensión de alimentación 12 externa (etapa 128), similar a lo que se hizo en el procedimiento de arranque de la Fig. 7. Si el número de muestras de la tensión grabadas no alcanza un nivel predefinido (etapa 130), el proceso actualiza la frecuencia de conmutación del excitador del medio puente H (etapa 136) y retrocede de bucle para generar un nuevo número pseudoaleatorio (etapa 124).

Una vez que se ha grabado un número predefinido de muestras (en este caso, 8 muestras), el microprocesador 10 encuentra el nivel de tensión promedio de la tensión de alimentación 12 externa (etapa 132) y compara este promedio con un umbral de la tensión de operación predefinido (etapa 134). Si la tensión de operación de muestra promediada es mayor que el umbral, las condiciones de operación del sistema son aceptables, y la operación puede continuar. En consecuencia, el excitador del medio puente H se actualiza con una nueva frecuencia (etapa 136) y retrocede de bloque nuevamente hasta la generación de un nuevo número pseudoaleatorio (etapa 124).

Si la tensión de operación promediada no sobrepasa el umbral (etapa 134), existe un problema con la fuente de tensión, y el excitador del medio puente H se detiene (etapa 138). Cuando ocurre esto, el ciclo del bucle principal 108 se rompe, y el sistema regresa hasta la supervisión de la tensión de arranque (etapa 106).

Como el bucle principal supervisa continuamente la tensión de operación del circuito, puede garantizarse que se produzca una tensión de salida constante mediante la SMPS.

Preferentemente, el umbral de la tensión de arranque es mayor que el umbral de la tensión de operación, ya que este introduce un efecto de histéresis en el sistema. Con referencia a la Fig. 9, se muestra un gráfico de una señal de la tensión promedio medida de muestra y el efecto en la operación de la SMPS de la invención. Inicialmente, la tensión de alimentación se aplica en una función de etapa, que da como resultado un incremento de la tensión promedio medida. En esta fase, el circuito está en el bucle de arranque 106. Con el tiempo, la tensión promedio medida sobrepasa el umbral de la tensión de arranque, en cuyo punto arranca la SMPS, y el proceso de control conmuta al proceso de bucle principal 108. Como la operación continúa, las fluctuaciones menores alrededor de la tensión de umbral de arranque no impactan en la operación del circuito, hasta que la tensión de operación promedio caiga por

debajo del umbral de la tensión de operación, en cuyo punto el circuito se detiene, y el sistema de control regresa nuevamente al bucle de arranque 106, hasta que la tensión promedio medida regrese nuevamente a antes del nivel de umbral de arranque, y regrese a la operación de bucle principal 108.

5 Regresando a la Fig. 8, si el sistema ha realizado un número de iteraciones de la supervisión de la tensión consecutivamente, el sistema puede operarse para seleccionar una operación de supervisión de la corriente (etapa 126). Aquí, el microcontrolador 10 toma muestras de la corriente que fluye a través de la resistencia R3 (etapa 140). Una vez que el número de muestras del nivel del flujo de corriente ha alcanzado un número predefinido (etapa 142 - en este caso 8), el sistema puede operarse para promediar los valores del flujo de corriente de muestra (etapa 144).
10 En este punto, el valor del flujo de corriente promedio se almacena en memoria, y el microcontrolador puede operarse para aplicar una operación de ventana deslizante a los valores del flujo de corriente medio almacenados, en donde el microcontrolador 10 compara si un número predefinido de los valores del flujo de corriente promedio almacenados dentro de la ventana sobrepasan un umbral del flujo de corriente predefinido (etapa 146).

15 Si el número predefinido de valores grabados está por encima del umbral, esto puede indicar que existe un problema dentro del circuito, por ejemplo, un exceso de corriente que fluye a través del circuito convertidor. Un flujo de corriente excesiva a través del transformador y temperaturas variables pueden debilitar potencialmente el aislamiento de los arrollamientos en el transformador con un cortocircuito como resultado. En este caso, el excitador del medio puente H se detiene (etapa 138) y el circuito regresa al procedimiento de supervisión de arranque (etapa 106).

20 Por el contrario, si el número predefinido de valores grabados está por debajo del umbral, el circuito está operando a un nivel de corriente aceptable, y el ciclo del bucle principal 108 continúa actualizando la frecuencia del excitador del medio puente H (etapa 136) y regresando a la etapa de generación de un nuevo número pseudoaleatorio (etapa 124).

25 En la realización mostrada en la Fig. 8, la ventana deslizante puede operarse para supervisar los últimos 16 valores de flujo de corriente promediados, y la etapa 146 puede operarse para comprobar si 5 de dichos 16 valores están por encima del valor umbral del flujo de corriente.

30 La Fig. 10 ilustra la operación de la SMPS para un flujo de corriente medido de muestra. Tal y como puede observarse a partir de la Fig. 10, la operación del excitador del medio puente H (y, por consiguiente, toda la SMPS) se detiene si el flujo de corriente medido promedio en el sistema sobrepasa el umbral por un periodo de tiempo (debido al uso de la ventana deslizante).

35 La siguiente es una descripción de la operación de los procesos de las Figs. 7 y 8 en pseudocódigo:

Secuencia de arranque (etapas 114, 116, 118, 120, 122)

- ETIQUETA arranque
- Tensión de arranque de muestra
- 40 • SI 8 muestras sucesivas
- ENTONCES promediar las 8 muestras y verificar con el umbral
 - SI por debajo del límite
 - ENTONCES IR-A arranque
 - 45 ◦ SI-NO IR-A tensión - bucle

Secuencia del bucle de tensión (etapas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138)

- ETIQUETA tensión - bucle
- 50 • El generador aleatorio actualiza su secuencia de bits
- Se toman muestras de la tensión
- SI 8 muestras sucesivas
- ENTONCES promediar las 8 muestras y verificar con el umbral
 - SI por debajo del límite
 - ENTONCES detener el excitador del medio puente H e IR-A medir la tensión de arranque
 - SI se toman muestras de la tensión 48 veces
 - ENTONCES IR-A corriente
 - SI-NO continuar

- 60 • SI-NO continuar
- ETIQUETA tensión; Precargar nueva frecuencia del excitador del medio puente H
- IR-A tensión - bucle

65 Secuencia del bucle de corriente (etapa 124, 126, 140, 142, 146, 138, 136)

ES 2 708 724 T3

- ETIQUETA corriente - bucle
- El generador aleatorio actualiza su secuencia de bits ◦ Se toman muestras de la corriente ◦ SI 8 muestras sucesivas
- ENTONCES promediar las 8 muestras y verificar con el umbral

5

- SI 5/16 de las últimas 16 muestras promediadas están por encima del umbral
- ENTONCES detener el excitador del medio puente H e IR-A medir la tensión de arranque
- SI-NO IR-A tensión

10

- SI-NO continuar
- ETIQUETA corriente; Precargar nueva frecuencia del excitador del medio puente H
- IR-A corriente - bucle

Tensión de umbral

15

Como ejemplo de cómo pueden seleccionarse las tensiones de umbral para el sistema, en una realización, se usa un microcontrolador de 8 bits.

20

Si la resolución del convertidor A/D que mide la tensión de alimentación es de diez bits, los ocho bits más significativos se seleccionan del convertidor A/D para el sistema de la invención. El divisor de tensión para la alimentación principal, dada por la red de resistencias, se calcula en $30000/1030000 = 0,029126$ ohms, y el límite de la tensión de arranque es de 16 voltios. Si la tensión de referencia del convertidor del microcontrolador 10 es de 3,3 voltios, el valor umbral en cuentas se define como:

25

$$\frac{16 V (0,029126)}{3,3 V} 1024 \text{ cuentas} = 144,6 \text{ cuentas}$$

Cuando solo se usan los 8 bits más significativos, el valor umbral es $144,6 / 4 = 36,15$ que se redondea a 36 cuentas. Para la verificación, las 36 cuentas se vuelven a convertir a la tensión de alimentación principal, y se proporciona el siguiente valor:

30

$$\frac{36 \text{ cuentas} (4)(0,029126)(3,3 V)}{1024 \text{ cuentas}} = 15,933 V$$

En consecuencia, la tensión de umbral cuando el sistema está operativo y funcionando es de 15 voltios. Al usar la misma fórmula anterior, el umbral en cuentas puede calcularse:

35

$$\frac{15 V (0,029216)}{3,3 V} 1024 \text{ cuentas} = 135,57 \text{ cuentas}$$

Cuando se divide entre 4 y se redondea, proporciona 34. Ahora puede calcularse la tensión de umbral real:

40

$$\frac{34 \text{ cuentas} (4)(0,029216)(3,3 V)}{1024 \text{ cuentas}} = 15,048 V$$

El esquema de la toma de muestras de la tensión de alimentación depende del modo de operación. Un modo es durante el arranque. Aquí, se toman muestras continuamente de la tensión de alimentación hasta que la tensión de muestra esté por encima del límite umbral definido. El otro es cuando el sistema está en su modo de operación. Aquí, el sistema sigue un esquema de 16 bloques antes de que reinicie su ciclo. Durante este ciclo de 16 bloques, se toman muestras de la tensión de alimentación una vez y esta se promedia para cada muestra.

45

Señales del excitador del circuito de conmutación

50

Con el fin de accionar los MOSFET, se necesita generar dos trenes de impulsos sincronizados. Esto puede hacerse usando circuitos dedicados para realizar este propósito o, como en la presente realización, un microprocesador (tal como un PIC) puede programarse y usarse para este propósito. Preferentemente, el microprocesador está equipado con un convertidor AD interno, de tal manera que también puedan supervisarse la tensión de alimentación al sistema y el consumo de corriente.

55

Para generar pulsos, la salida de modulación por ancho de pulsos (PWM) del PIC requiere dos salidas de PWM para accionar el medio puente H, tal y como se muestra en la Fig. 11. De este modo, usar dos salidas de PWM estándar requiere que el *firmware* se coordine cuando las salidas de PWM generen un pulso y una pausa. Para superar esto, algunos microprocesadores PIC tienen un mecanismo interno para sincronizar dos salidas de PWM.

60

Modulación de espectro ensanchado

La modulación de espectro ensanchado disminuye la potencia de algunas frecuencias en una fuente de alimentación, y se consigue ensanchando la potencia sobre un gran número de frecuencias.

5 La Fig. 12 ilustra un esquema de conmutación básico usado en una fuente de alimentación regular, que consiste en una única onda cuadrada que genera una gráfica del espectro, tal y como se muestra en la Fig. 12, donde todos los armónicos están presentes con un nivel de energía decreciente.

10 El espectro consiste en picos de f_c , $3 f_c$, $5 f_c$, etc. y cada una de estas frecuencias puede observarse como una interferencia (en la forma de interferencia electromagnética - EMI) que ha de minimizarse.

Al modular la frecuencia de la conmutación, el espectro correspondiente mostrará que los niveles de energía han disminuido (Fig. 13). Aun así, todos los armónicos están presentes, pero su energía se ha ensanchado sobre un intervalo de frecuencias y, de este modo, los niveles de energía debido a estos armónicos disminuyen.

15 En el ejemplo de la Fig. 13, solo se usan dos frecuencias para dividir la potencia. En consecuencia, utilizar un gran número (n) de frecuencias espaciadas uniformemente entre un límite más alto y más bajo (f_h y f_l) conduce a una EMI incluso más baja. La selección adecuada de los límites (f_l y f_h) de ancho de banda de modulación debe hacerse, con el fin de evitar un solapamiento entre armónicos más altos modulados.

La relación entre un armónico más alto (n) y el ancho de banda BW_n del espectro asociado puede aproximarse mediante:

25
$$BW_n = n(f_h - f_l)$$

El efecto de ensanchamiento del ancho de banda del espectro ensanchado se ilustra en la Fig. 14, que muestra que el solapamiento entre señales es inevitable, pero puede permitirse siempre y cuando los armónicos más altos que se solapan porten energía cercana a cero.

30 Para calcular una estimación de la reducción de señal en db de los componentes espectrales, tal y como se muestra en la Fig. 15, puede usarse la siguiente fórmula (en la Fig. 15, $n = 2$):

35
$$\Delta = 20(\log(\sqrt{\frac{1}{n}}))$$

Este cálculo de la reducción de señal dB puede usarse como una estimación mínima para la reducción de la señal espectral.

40 Para el sistema de la invención, la modulación de frecuencia del espectro ensanchado se implementa con un controlador digital, y se hace desplazándose en el dominio de tiempo entre un conjunto discreto de frecuencias portadoras. Esto se conoce como modulación por desplazamientos de frecuencia (FSK, por sus siglas en inglés). Usar una onda cuadrada tal y como se muestra en la Fig. 12 junto con una FSK conduce a un ensanchamiento de frecuencias y a una disminución sobre el tiempo de cada componente de potencia individual, en comparación con una onda cuadrada sin modular (tal y como puede observarse en la Fig. 13).

45 Usar múltiples frecuencias discretas conduce a un mayor ancho de banda del espectro ensanchado, así como a una disminución del componente de potencia por frecuencia discreta. La selección de qué frecuencias portadoras rebotan entre el uso de la FSK es el efecto de espectro ensanchado. Esto se conoce como espectro ensanchado de saltos de frecuencia (FHSS, por sus siglas en inglés), en el que el contenido de la frecuencia sobre una línea de tiempo se muestra en la Fig. 16, con las frecuencias portadoras ($f_1, f_2 \dots f_8$).

50 Cada frecuencia portadora es básicamente la frecuencia fundamental de una onda cuadrada con un coeficiente de utilización del 50 %. En consecuencia, el periodo de tiempo ΔT se adapta a escala continuamente para ajustar cada frecuencia portadora, y para evitar una discontinuidad abrupta de la modulación (que daría como resultado una generación involuntaria de ruido de alta frecuencia). El tipo general de modulación se denomina modulación por desplazamiento de frecuencia de fase continua CPFSK, pero en este caso se centra en hacer el desplazamiento de fase en términos de $0, 2\pi, 4\pi$, etc. cambiando ΔT . Esto se ilustra en la Fig. 17.

60 En la práctica, cambiar tanto la frecuencia como ΔT en consecuencia se hace cambiando la frecuencia de reloj para las salidas de PWM cada vez que estas hayan generado un ciclo completo de una onda cuadrada con un ciclo de servicio del 50 % (tal y como se muestra en la Figura 17 en el tiempo t_0, t_1 y t_2).

El sistema de la presente invención utiliza 16 frecuencias discretas centradas alrededor de la frecuencia principal seleccionada de un generador pseudoaleatorio basándose en un algoritmo de desplazamiento con retroalimentación

lineal. Esto da la aleatoriedad de la frecuencia seleccionada y garantiza la reducción de la EMI. La implementación del generador pseudoaleatorio permite detectar un interbloqueo y restablece el generador aleatorio hasta un estado por defecto y reinicia la secuencia aleatoria.

5 Bucle principal

Un bucle de operación primaria en el *firmware* del microprocesador (es decir, el bucle principal 108) está dividido en 16 estadios o bloques 112 (tal y como se observa en la Fig. 6). Durante un bucle se realiza o bien una medición de la tensión o bien una medición de la corriente. En las realizaciones anteriores, se necesitan 8 mediciones o bien de tensión o bien de corriente para una medición cualificada (es decir, las 8 mediciones se promedian). Al término de cada bucle se actualiza la secuencia aleatoria, y la siguiente frecuencia base para el espectro ensanchado se selecciona y se usa al comienzo del nuevo bucle.

15 La operación del bucle principal 108 descrita ahora en relación con la aplicación del espectro ensanchado (las mediciones de la tensión y de la corriente se realizan en paralelo a la aplicación del espectro ensanchado).

Un registro OSCTUNE (de puesta a punto del oscilador, por su acrónimo en inglés) se mantiene en el microprocesador. El registro OSCTUNE permite alterar la salida de frecuencia de PWM en 32 etapas discretas, usando una entrada binaria de valor de complemento a dos en el registro, donde 0 binario es el valor de la frecuencia media, 15 binario es la frecuencia más alta y 16 binario es la frecuencia más baja.

20 En el ejemplo ilustrado, la frecuencia central de PWM deseada es 100 kHz, con un coeficiente de utilización del 50/50. Para conseguir esta salida en un microcontrolador PIC, ciertos registros del microprocesador necesitan cargarse con valores apropiados.

25 Con referencia a las Figs. 11 y 19, la configuración para un microprocesador de toma de muestras es de la siguiente manera, donde

- $T_{osc} = 1/F_{osc}$, donde F_{osc} es la frecuencia del oscilador para el microprocesador.
- TMR2 es un temporizador de 8 bits en el microprocesador, y se usa para temporizar el excitador del medio puente H. Cuando opera en modo de PWM, se concatenan dos bits más al contador para proporcionar una resolución de 10 bits.
- PR2 es un registro que define el periodo de la salida de PWM. Cuando TMR2 es igual a PR2, TMR2 se restablece y empieza a contar nuevamente desde 0.
- Los registros CCP1L con CCP1CON<5:4> (Bit4 y Bit5) definen el ancho de pulsos. Este valor se compara con el valor TMR2 (esto lo hace el microprocesador).

En consecuencia,

$$40 \quad Periodo = \frac{1}{100 \text{ kHz}} = 4(T_{osc})(PR2 + 1)(TMR2valorPreescala)$$

$$\Rightarrow PR2 = \left(\frac{1}{4(100)(10^3)} (8)(10^6) \right) - 1 = 19$$

$$AnchoDePulsos = 4(T_{osc}([CCPR1L < 7:0 > : CCP1CON < 5:4 >])(TMR2valorPreescala) = \frac{1}{2} (Periodo)$$

$$45 \quad \Rightarrow [CCPR1L < 7:0 > : CCP1CON < 5:4 >] = \frac{1/2 (4)(8)(10^6)(20)}{8(10^6)} = 40$$

El valor de retardo se ajusta al valor mínimo, como resultado el valor 1 se escribe en el registro PWMCON<6:0>. El registro PR2 se carga con el valor 19, y el registro CCP1L se carga con 10 (=40/4).

50 La variación de la frecuencia de PWM debido a los cambios en el registro OSCTUNE en este ejemplo se ha medido, y se ha descubierto que la variación es $\pm 12\%$ para todo el intervalo. Los valores pueden observarse en la siguiente tabla:

Tabla 1: relación de OSCTUNE y salida de frecuencia

Osctune	Freq [kHz]
16	88,00
17	88,75
18	89,50
19	90,25
20	91,00
21	91,75
22	92,50

ES 2 708 724 T3

Osctune	Freq [kHz]
23	93,25
24	94,00
25	94,75
26	95,50
27	96,25
28	97,00
29	97,75
30	98,50
31	99,25
0	100,00
1	100,75
2	101,50
3	102,25
4	103,00
5	103,75
6	104,50
7	105,25
8	106,00
9	106,75
10	107,50
11	108,25
12	109,00
13	109,75
14	110,50
15	111,25

Se escoge estrechar la banda de frecuencia en el intervalo de 94,00 a 105,25 kHz (ambos inclusive). Esto da un total de 16 frecuencias diferentes para seleccionar. El propio valor OSCTUNE se genera desde un generador pseudoaleatorio.

5 Con referencia a la Fig. 20, el sistema usa un generador 150 de números pseudoaleatorios que crea valores semilla para las frecuencias de PWM. Los 16 bloques 112 del bucle principal 108 están configurados de tal manera que se emita un pulso de PWM en cada bloque del bucle principal 108. Para cada iteración del bucle principal 108, se genera un nuevo valor semilla mediante el generador 150 de números pseudoaleatorios, que se usa para cada uno de los 16 bloques 112.

15 El generador aleatorio 150 puede ser de cualquier diseño adecuado, por ejemplo, basándose en las notas de aplicación de Xilinx: "XAPP 052 July 7, 1996 (Version1.1)". En la realización mostrada, se selecciona una secuencia pseudoaleatoria larga de 17 bits, que tiene un byte menos significativo (LSB, por sus siglas en inglés), un byte más significativo (MSB, por sus siglas en inglés) y un bit de acarreo. Tal y como puede observarse en la Fig. 20, el bit 14 y el bit 17 del generador 150 se usan para calcular el nuevo bit que ha de rotarse en el flujo pseudoaleatorio de 17 bits (usando una operación de XOR ("o" exclusivo en inglés) simple).

20 Una frecuencia base para el excitador del medio puente en H se genera para cada iteración del bucle principal 108, usando el generador 150 de números pseudoaleatorios. La frecuencia usada para la señal del excitador en cada estadio 112 del bucle principal 108 se selecciona o bien como la frecuencia base o bien como la frecuencia adyacente, basándose en un valor de acumulación y el acarreo correspondiente de una operación de adición (basándose en el valor semilla del número pseudoaleatorio generado para ese ciclo del bucle principal 108).

25 Una vez se genera un nuevo número pseudoaleatorio para una iteración del bucle principal 108, el MSB se usa para seleccionar la frecuencia de salida usando el registro OSCTUNE.

30 El bit 13 al bit 16 del MSB se añade a una desviación del 24 binario, para proporcionar un valor de complemento a dos binario en el intervalo entre 24 a 7 (con referencia a la Tabla 1). Esto garantiza que la salida OSCTUNE se centrará alrededor de la frecuencia central deseada de 100 kHz. El número binario proporcionado se introduce en el registro OSCTUNE, y la frecuencia de salida resultante se selecciona como la frecuencia base para esa iteración del bucle principal 108.

35 Con el fin de proporcionar una selección aleatoria adicional de la frecuencia de conmutación usada, el sistema puede operarse para realizar una operación de acumulación durante cada estadio 112 del bucle principal 108, para determinar la frecuencia de conmutación real que ha de usarse para ese estadio 112.

40 El LSB del número binario pseudoaleatorio generado por el generador pseudoaleatorio 150 se añade en un acumulador en cada estadio 112 del bucle principal 108 y se supervisa la salida. Si la operación de acumulación para el estadio 112 no da como resultado un acarreo, entonces la frecuencia base para esa iteración del bucle principal 108

se usa como la frecuencia de conmutación para ese estadio 112 y, en consecuencia, se proporciona como una señal de accionamiento al circuito de conmutación. Si la operación de acumulación para el estadio 112 sí que produce un acarreo, entonces la frecuencia de conmutación se selecciona como una frecuencia en el registro OSCTUNE adyacente a la frecuencia base (por ejemplo, frecuencia base +1).

5 Por ejemplo, si la secuencia pseudoaleatoria para una iteración del bucle principal 108 se aplica al valor OSCTUNE 2, la frecuencia base para ese ciclo es 101,50 kHz. En cada estadio 112 se realiza una acumulación de 8 bits con la parte de byte LSB del número de secuencia aleatoria como una entrada. Si la acumulación da un acarreo, OSCTUNE se actualizará con su valor BaseFreq + 1 (en este ejemplo sería 3 y la frecuencia de conmutación sería 102,25 kHz).
10 Si no existe ningún acarreo de la etapa de acumulación, se usa el propio número BaseFreq (frecuencia base) (es decir, 2, con una frecuencia de conmutación de 101,50 kHz).

15 En otras realizaciones, la acumulación puede realizarse en el valor de 4 bits formado por el bit 9 al bit 12 de la secuencia pseudoaleatoria.

Aunque se seleccionan 16 frecuencias como posibles frecuencias base, la selección adicional de la frecuencia base o la frecuencia base adyacente para cada una de los estadios 112 del bucle principal 108 proporciona una granularidad adicional y una modulación adicional de la señal de salida.

20 La siguiente es una operación ejemplar de la selección de frecuencia del bucle principal 108 en pseudocódigo:

Bucle

```

25     Estadio1
        BaseFreq = NewBaseFreq
        Acc + = PR_LSB
        SI acarreo ENTONCES usar frecuencia adyacente
        SI-NO usar BaseFreq
30     Estadio2
        Acc + = PR_LSB
        SI acarreo ENTONCES usar frecuencia adyacente
        SI-NO usar BaseFreq
35     ...
        ...     Estadio3 - Estadio15, etc.
        ...
40     Estadio16
        Acc + = PR_LSB
        SI acarreo ENTONCES usar frecuencia adyacente
        SI-NO usar BaseFreq
        Actualizar secuencia aleatoria de 17 bits
45     Calcular NewBaseFreq (nueva frecuencia base) a partir de la secuencia pseudoaleatoria
        PR_LSB = LSB de la secuencia aleatoria de 17 bits
        IR-A Estadio1
    
```

50 El sistema puede comprender, además, una unidad de detección de interbloqueo (no mostrada), que puede operarse para supervisar el generador pseudoaleatorio 150 y para detectar si el generador pseudoaleatorio 150 entra en una condición de interbloqueo. Si se detecta tal condición de interbloqueo, el sistema puede operarse para restablecer el generador pseudoaleatorio 150 y para continuar la operación del sistema.

55 Con referencia a la Fig. 21, se ilustra una realización adicional del sistema de la invención en un diagrama de circuito.

En resumen, el sistema puede operar teniendo tres secuencias primarias diferentes:

- Arranque: se toman muestras de la tensión y el excitador del medio puente H no está activo. Se promedian 8 muestras y se cotejan con un límite umbral. Si el valor promedio está por debajo del umbral, esta secuencia se repite.
- Tensión-bucle: se toman muestras de la tensión y se promedian 8 muestras y se cotejan con el límite umbral. Si el valor medio está por debajo del umbral, el excitador del medio puente H se detiene y el sistema entra en la secuencia de arranque.
- Corriente-bucle: se toman muestras de la corriente y se promedian 8 muestras. Una ventana deslizante de los últimos 16 valores promediados se usa para determinar si existe demasiado consumo de corriente. Si 5 de los

16 valores promediados están por encima del umbral, el sistema detecta esto como demasiado consumo de corriente y detiene el excitador del medio puente H y entra en la secuencia de arranque.

5 Como el controlador puede implementarse en *software* en un microprocesador, se entenderá que la implementación permite realizar varias tareas de supervisión en un programa a base de intervalo de tiempo que permite realizar en paralelo otras tareas. El diseño a base de *software* permite que el usuario defina los límites umbral para la supervisión (es decir, son flexibles en vez de aplicación específica) y la frecuencia de conmutación para el excitador del medio puente H puede ser ajustable y puede adaptarse, en consecuencia, a una amplia gama de transformadores usados en circuitos convertidores. Se entenderá que puede usarse en el sistema cualquier componente de microprocesador, 10 por ejemplo, un procesador PIC12F615.

15 El sistema implementa límites umbral ajustables por el usuario, un control de histéresis y una supervisión de la estabilidad de la tensión de encendido. Al supervisar la tensión de arranque, la estabilidad del nivel de tensión puede determinarse antes de arrancar el excitador del medio puente H. Al implementar la histéresis, debe haber presente una tensión de arranque estable antes de arrancar el medio puente H.

20 Como la supervisión de la tensión y la corriente del sistema puede llevarse a cabo en paralelo a la modulación de espectro ensanchado, la invención proporciona la ventaja de una supervisión segura de la operación de la SMPS, que puede implementarse en una SMPS que tiene un microprocesador relativamente simple o un ancho de banda restringido.

La invención no está limitada a la realización descrita en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin alejarse del alcance de la presente invención.

10	microprocesador
12	tensión de alimentación
R1	resistencia
R2	resistencia
R3	resistencia
Q1	MOSFET
Q2	MOSFET
C1	condensador
C2	condensador
T1	transformador
14	terminal de salida
20	primer convertidor CC/CC
22	segundo convertidor CC/CC
24	carga eléctrica
Q3 y Q4	MOSFET
100	procedimiento de inicialización
102	operación principal
104	bucle de espera
106	medición de alimentación inicial
108	Bucle principal
110	procedimiento de seguridad contra el fallo
112	serie de ranuras o bloques de bucle
114	etapa de tensión de arranque
116	8 muestras separadas
118	nivel de tensión de la tensión de alimentación externa
120	umbral de la tensión de arranque predefinido
122	el circuito de conmutación puede arrancarse con seguridad
124	se usa un generador de número pseudoaleatorio para generar un número pseudoaleatorio)
126	Etapa de bucle principal
128	tomar muestras de la tensión de alimentación 12 externa
130	nivel predefinido
132	nivel de tensión de la tensión de alimentación 12 externa,
134	umbral de la tensión de operación predefinido
136	actualizado con una nueva frecuencia
138	el excitador del medio puente H se detiene
140	corriente que fluye a través de la resistencia R3
142	número predefinido
144	promediar los valores del flujo de corriente de muestra
146	umbral del flujo de corriente predefinido

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar una fuente de alimentación conmutada, comprendiendo la fuente de alimentación un circuito de conmutación para recibir una tensión de alimentación (12) y emitir una tensión conmutada (14) y un circuito convertidor acoplado a dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y accionado por dicha tensión conmutada para producir una tensión de salida (14) requerida, comprendiendo el método las etapas de:
- proporcionar una señal de accionamiento a dicho circuito de conmutación para regular la frecuencia de conmutación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y aplicar una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento para reducir la interferencia electromagnética en la fuente de alimentación, en donde dicha etapa de aplicación de una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento comprende las etapas de:
- (i) generar un primer número pseudoaleatorio;
 - (ii) seleccionar un valor de frecuencia basándose en dicho número pseudoaleatorio;
 - (iii) proporcionar una señal de accionamiento que tenga dicho valor de frecuencia seleccionado;
 - (iv) generar un nuevo número pseudoaleatorio; y
 - (v) repetir las etapas (ii)-(iv) en un ciclo de bucle principal a lo largo de la duración de la operación del circuito de conmutación.
- en donde el método comprende, además, las etapas de:
- supervisar la tensión de alimentación (12) a dicho circuito de conmutación durante la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y detener la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) si dicha tensión de alimentación (12) supervisada cae por debajo de un valor umbral de la tensión de operación.
2. Un método según la reivindicación 1, en donde el método incluye, además, un procedimiento de arranque para arrancar la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) que comprende:
- supervisar la tensión de alimentación (12) a dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) cuando dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) no opera y arrancar dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) cuando dicha tensión de alimentación (12) supervisada sobrepasa un valor umbral de la tensión de arranque (106).
3. Un método según la reivindicación 2, en donde dicho valor umbral (120) de la tensión de arranque es mayor que dicho valor umbral de la tensión de operación (106).
4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la etapa de supervisión comprende:
- tomar muestras de una pluralidad de tensiones de alimentación sucesivas (12, Vcc, 106), promediar dicha pluralidad de tensiones de alimentación de muestra para proporcionar una tensión de alimentación promediada y comparar la tensión de alimentación promediada con un valor umbral de la tensión (106).
5. Un método según cualquier reivindicación precedente, en donde el método comprende, además, las etapas de:
- supervisar el flujo de corriente (140) a través de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) durante la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y detener la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) si dicho flujo de corriente (140) supervisado sobrepasa un valor umbral (146) de corriente de flujo.
6. Un método según la reivindicación 5, en donde dicha fuente de alimentación comprende una resistencia (R3) proporcionada en serie con dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y en donde dicha supervisión de la corriente comprende medir el flujo de corriente (140) a través de dicha resistencia (R3).
7. Un método según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde dicha etapa de supervisión de la corriente comprende:
- tomar muestras de una pluralidad de valores del flujo de corriente (140) sucesivos, promediar dicha pluralidad de valores del flujo de corriente de muestra para proporcionar un primer flujo de corriente promediado (144) y comparar dicho valor del primer flujo de corriente promediado (144) con un valor umbral (146) del flujo de corriente.

8. Un método según la reivindicación 7, en donde dicha etapa de comparación comprende:

grabar una pluralidad de valores del flujo de corriente promediados (144) sucesivos y en donde dicha etapa de detención de la operación de dicho circuito de conmutación se realiza cuando un número predefinido de dicha pluralidad de valores promediados (144) sobrepasa dicho valor umbral (146) del flujo de corriente.

9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en donde al menos una de dichas etapas de supervisión de la fuente de tensión (12) de operación y supervisión del flujo de corriente (140) se realiza en paralelo a dicha etapa de aplicación de una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento.

10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 5-9, en donde dicha etapa de aplicación de una modulación de espectro ensanchado a dicha señal de accionamiento comprende las etapas de:

- (i) generar un primer número pseudoaleatorio (124);
- (ii) seleccionar un valor de frecuencia basándose en dicho número pseudoaleatorio (124);
- (iii) proporcionar una señal de accionamiento que tenga dicho valor de frecuencia seleccionado;
- (iv) generar un nuevo número pseudoaleatorio (124); y
- (v) repetir las etapas (ii)-(iv) en un ciclo de bucle principal (108) a lo largo de la duración de la operación del circuito de conmutación.

11. Un método según la reivindicación 10, en donde dichas etapas (ii) y (iii) se repiten para una pluralidad de iteraciones dentro de dicho ciclo de bucle principal (108).

12. Un método según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en donde dicho número pseudoaleatorio (124) es un número binario y en donde la etapa (ii) comprende seleccionar entre un primer valor de frecuencia y un segundo valor de frecuencia basándose en una operación de acumulación realizada en al menos una porción de dicho número pseudoaleatorio (124) binario.

13. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en donde al menos una de dichas etapas de supervisión de la fuente de tensión de operación y supervisión del flujo de corriente se realiza en paralelo a dichas etapas (ii) y (iii) de dicho ciclo de bucle principal (108).

14. Un método según la reivindicación 13, en donde dicha etapa de supervisión de la corriente se realiza después de un número predefinido de ciclos de bucle principal (108) sucesivos de supervisión de la tensión de operación.

15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en donde dicha fuente de alimentación comprende un generador pseudoaleatorio y en donde el método comprende, además, las etapas de:

- detectar si el generador pseudoaleatorio entra en una condición de interbloqueo; y
- restablecer el generador pseudoaleatorio si se detecta una condición de interbloqueo.

16. Una fuente de alimentación conmutada que comprende:

un circuito de conmutación para recibir una tensión de alimentación y emitir una tensión conmutada;
 un circuito convertidor acoplado en dicho circuito de conmutación y accionado por dicha tensión conmutada para producir una tensión de salida requerida; y
 un controlador acoplado a dicho circuito de conmutación, en donde dicho controlador está configurado para:

- (i) generar un primer número pseudoaleatorio;
- (ii) seleccionar un valor de frecuencia basándose en dicho número pseudoaleatorio;
- (iii) proporcionar una señal de accionamiento que tiene dicho valor de frecuencia seleccionado;
- (iv) generar un nuevo número pseudoaleatorio; y
- (v) repetir las etapas (ii)-(iv) en un ciclo de bucle principal a lo largo de la duración de la operación del circuito de conmutación.

supervisando el dicho controlador la tensión de alimentación (12) a dicho circuito de conmutación durante la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) y
 deteniendo el dicho controlador la operación de dicho circuito de conmutación (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) si dicha fuente de alimentación (12) supervisada cae por debajo de un valor umbral de la tensión de operación.

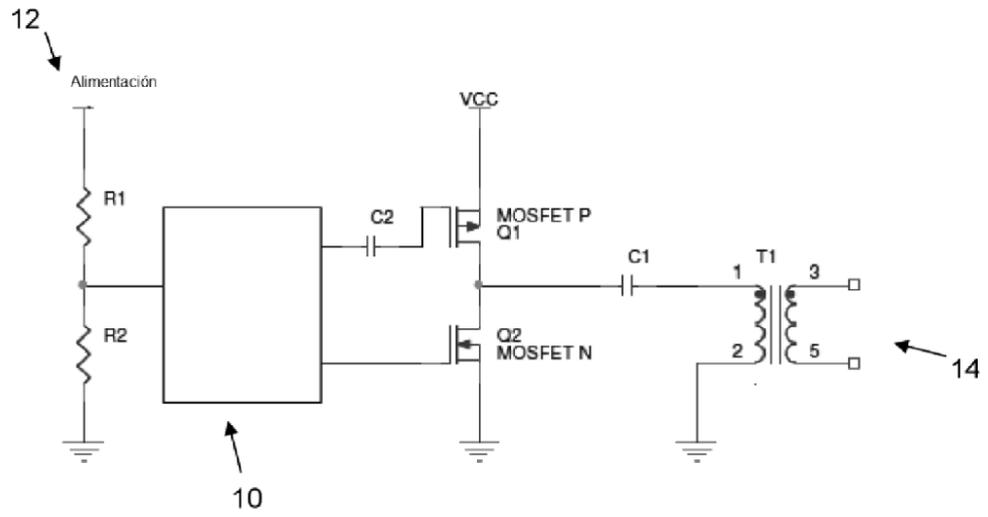


Fig. 1

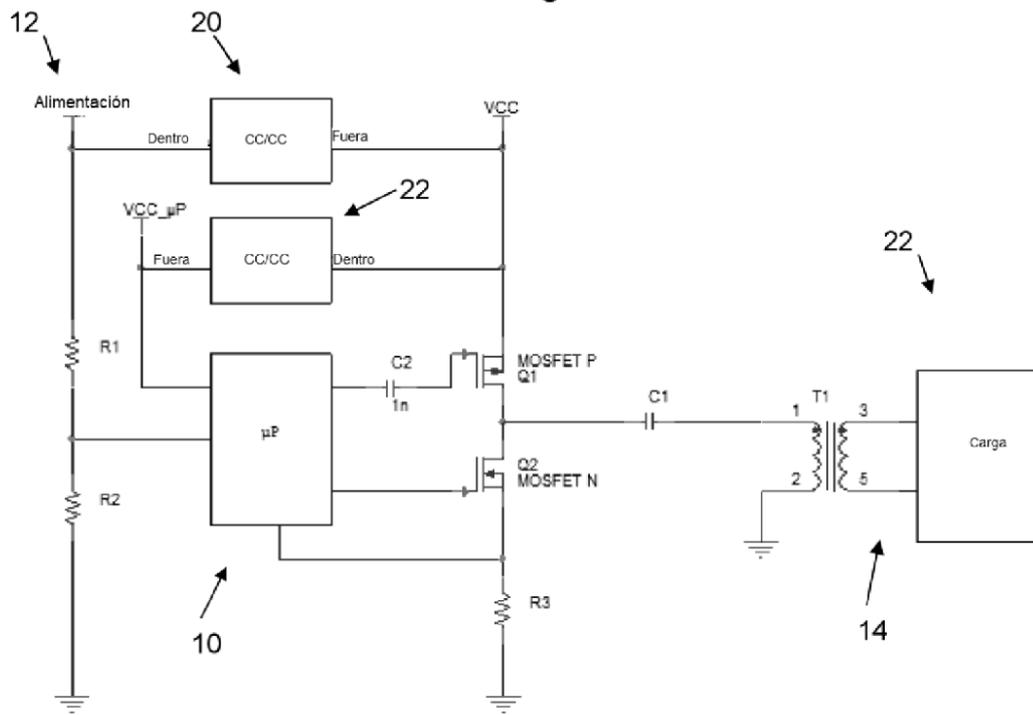


Fig. 2

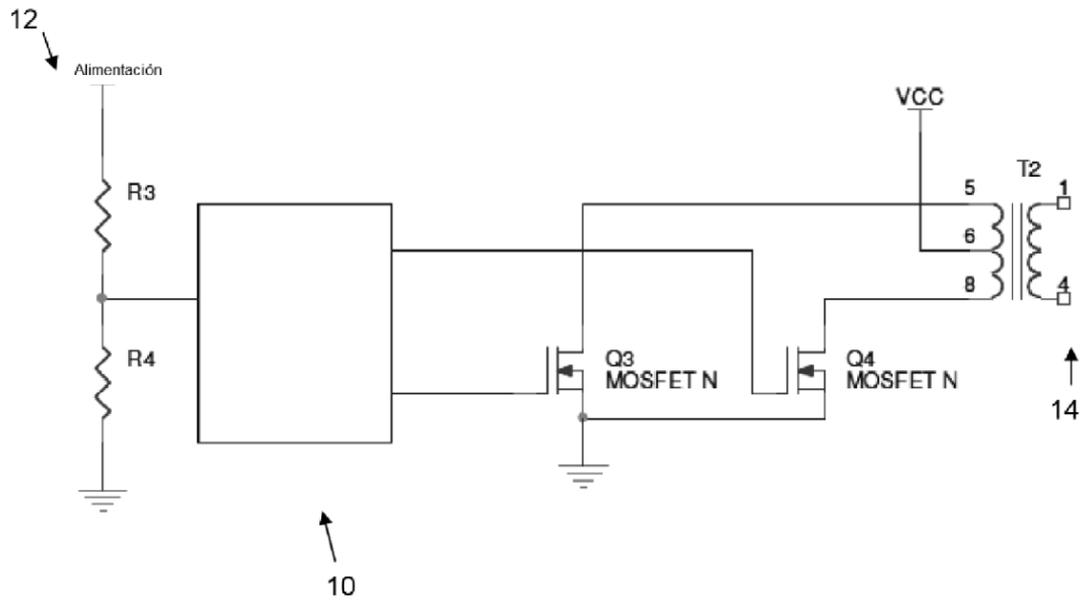


Fig. 3

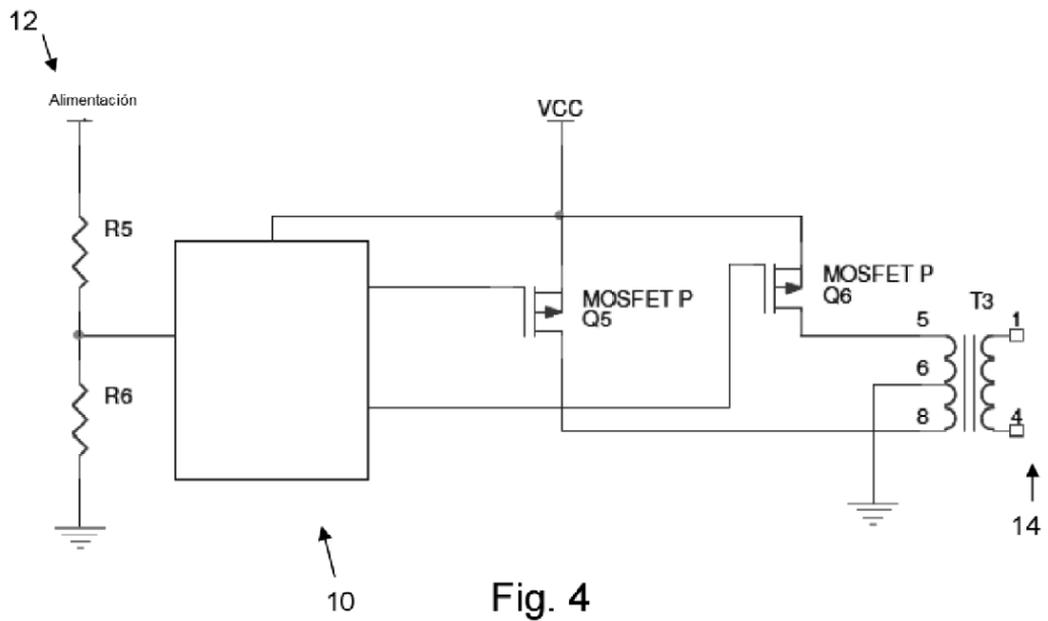


Fig. 4

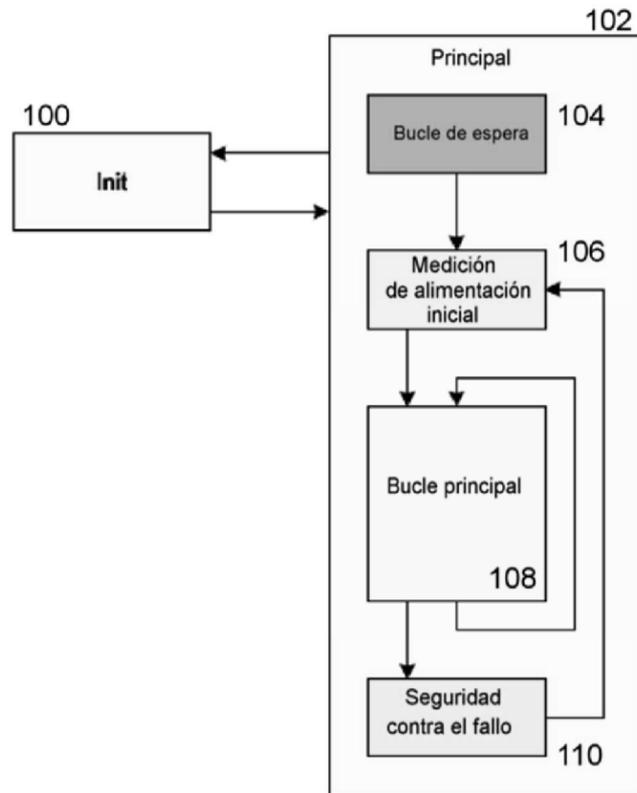


Fig. 5

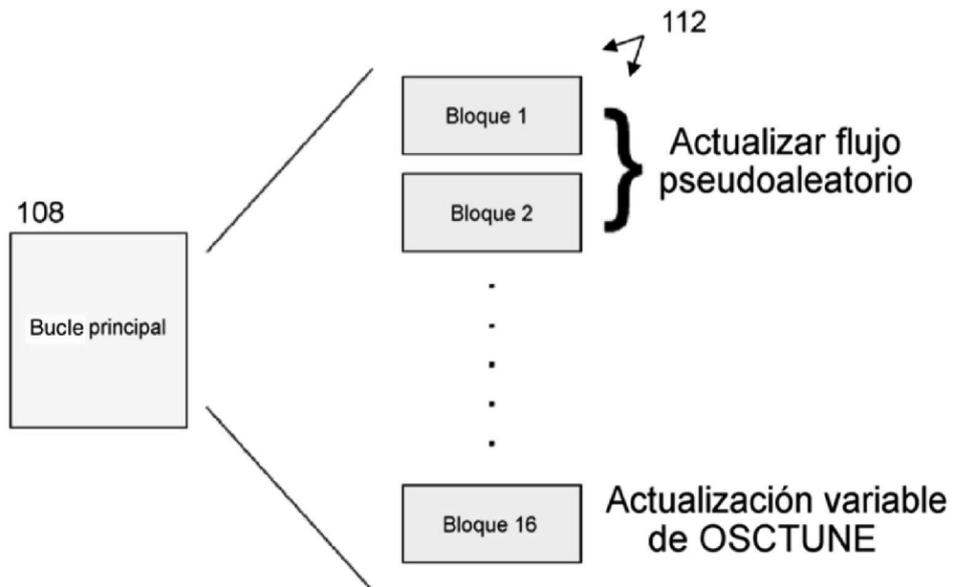


Fig. 6

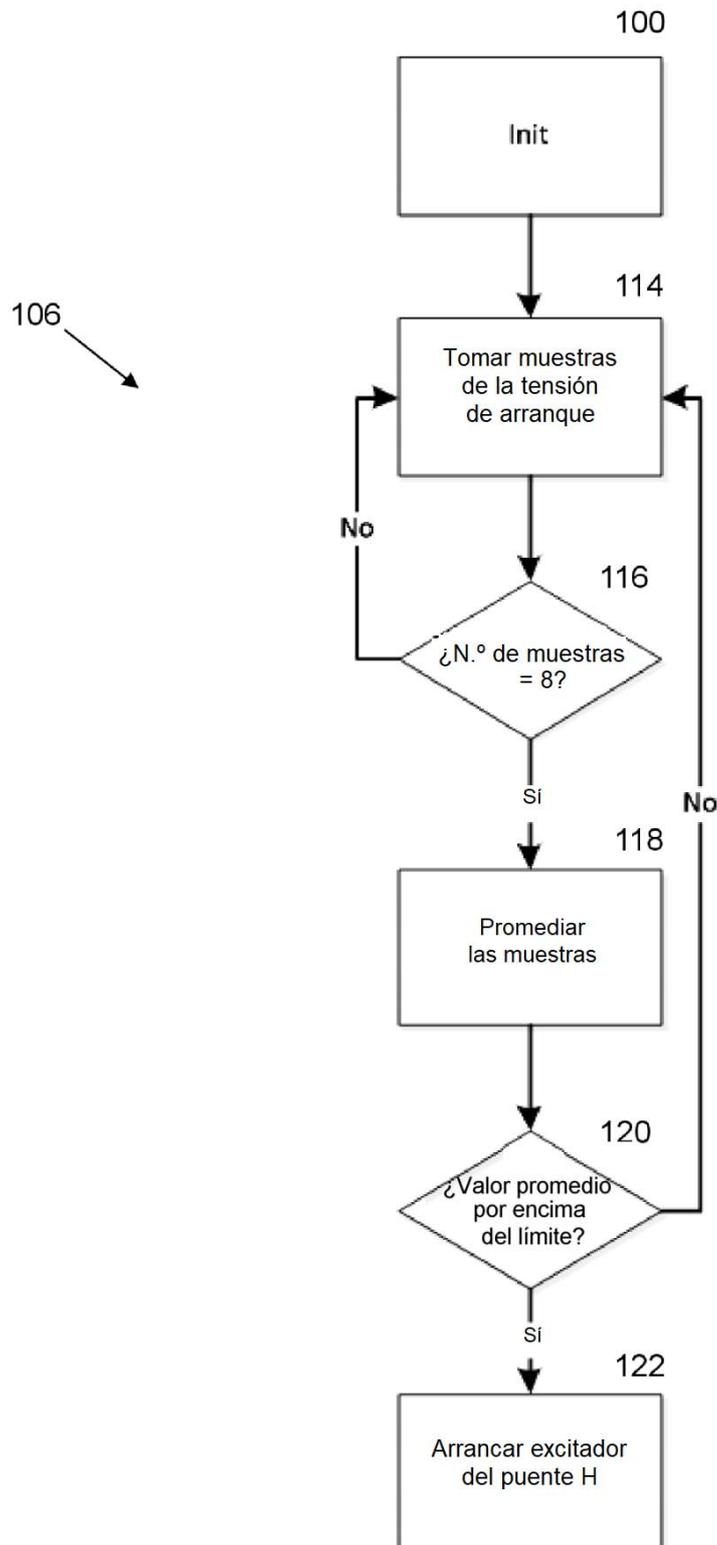


Fig. 7

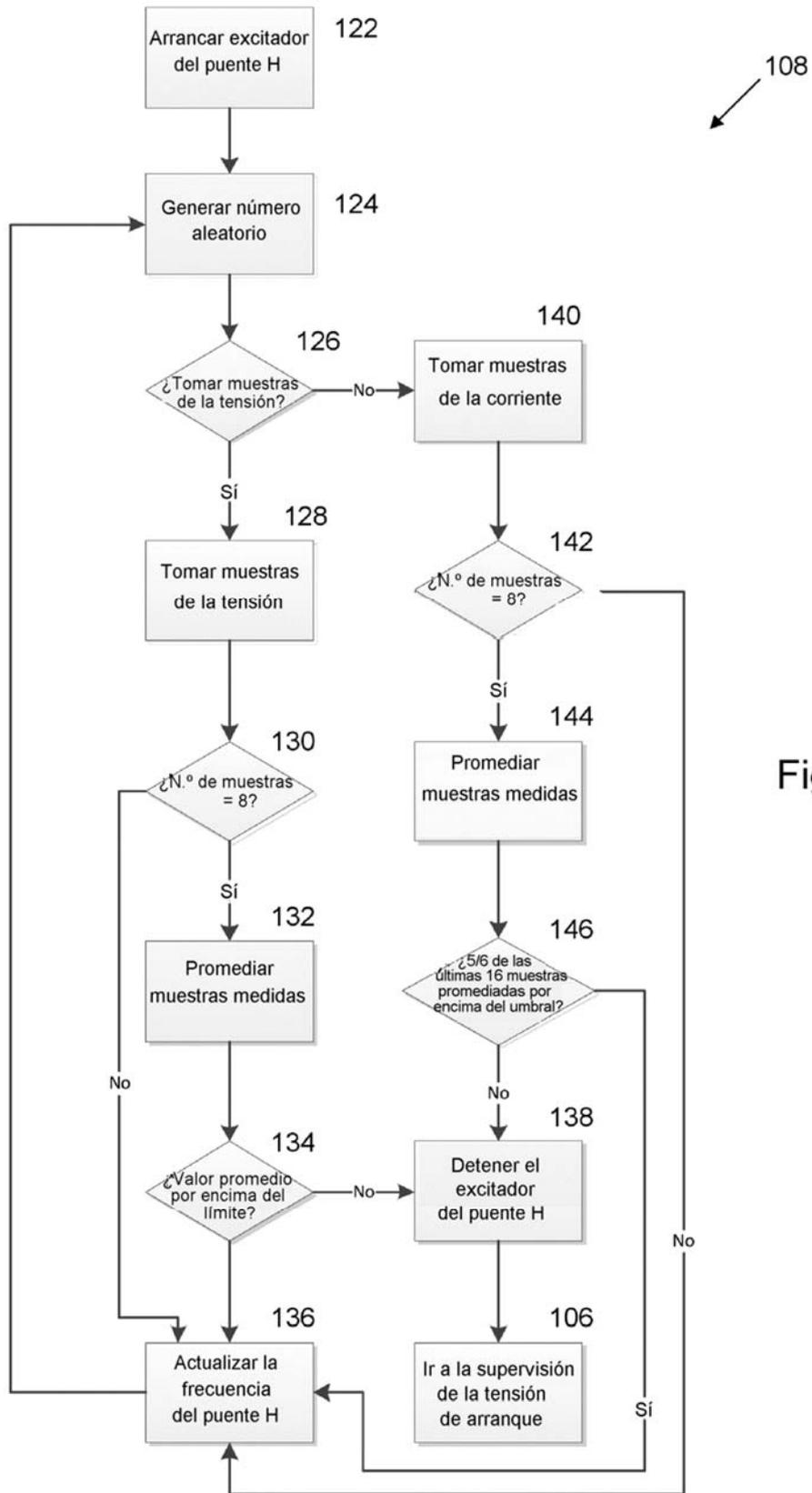


Fig. 8

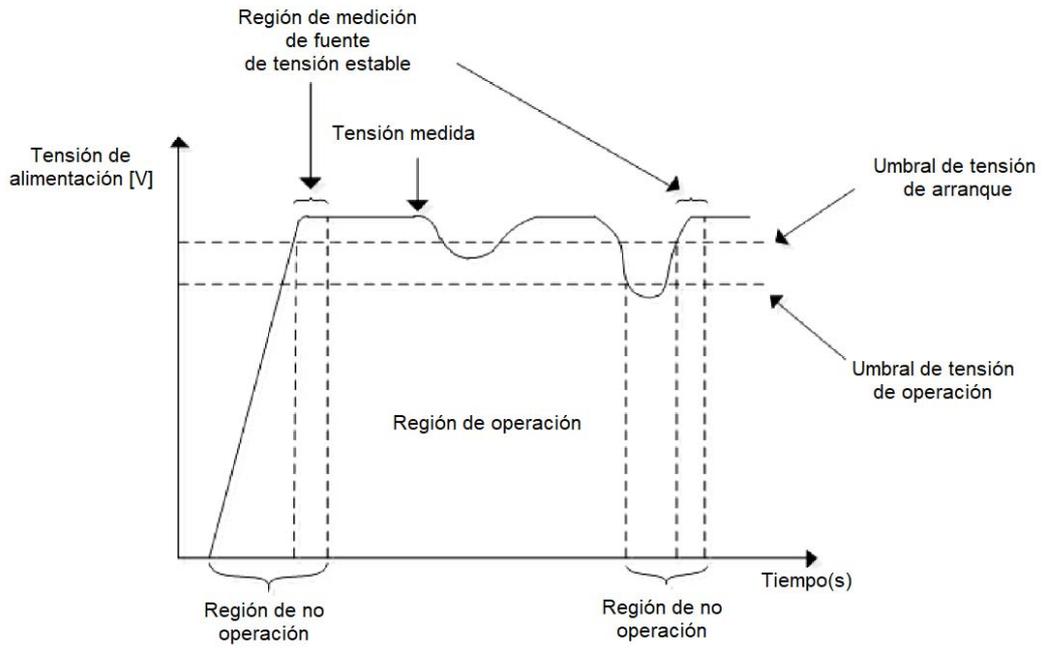


Fig. 9

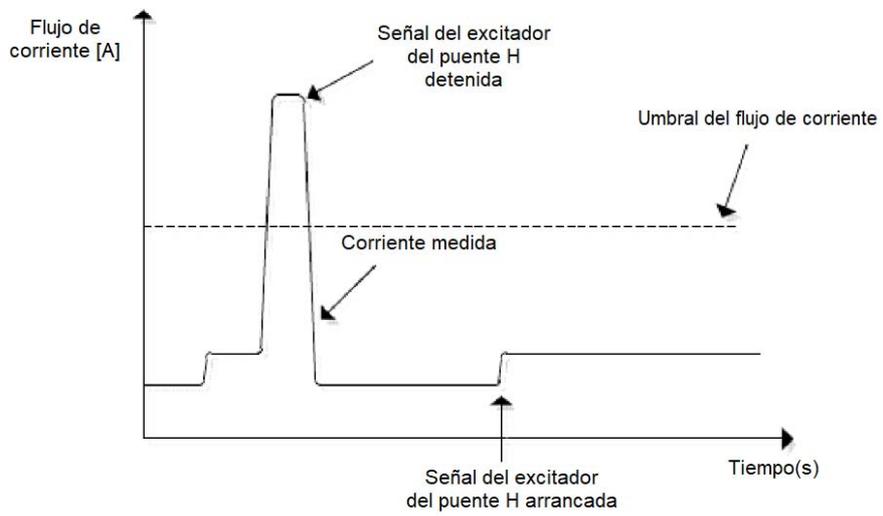
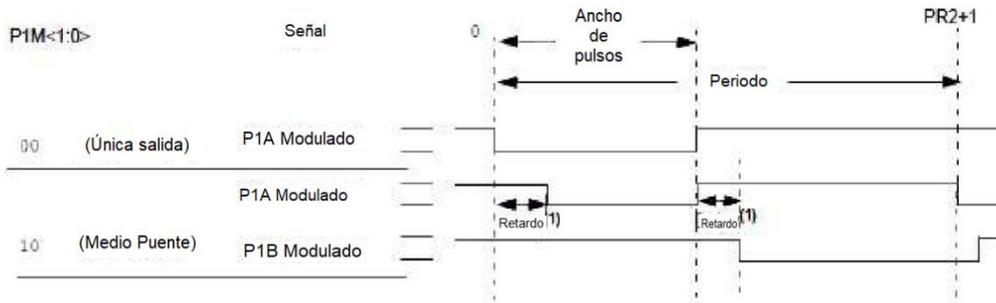


Fig. 10



Relaciones:

- $\text{Periodo} = 4 * T_{OSC} * (PR2 + 1) * (\text{TMR2 Valor preescala})$
- $\text{Ancho de pulsos} = T_{OSC} * (\text{CCPR1L} <7:0> : \text{CCP1CON} <5:4>) * (\text{TMR2 Valor preescala})$
- $\text{Retardo} = 4 * T_{OSC} * (\text{PWM1CON} <6:0>)$

Nota 1: El retardo de la banda inactiva se programa usando el registro PWM1CON (Section 10.4.5 "Programmable Dead-Band Delay mode").

Fig. 11

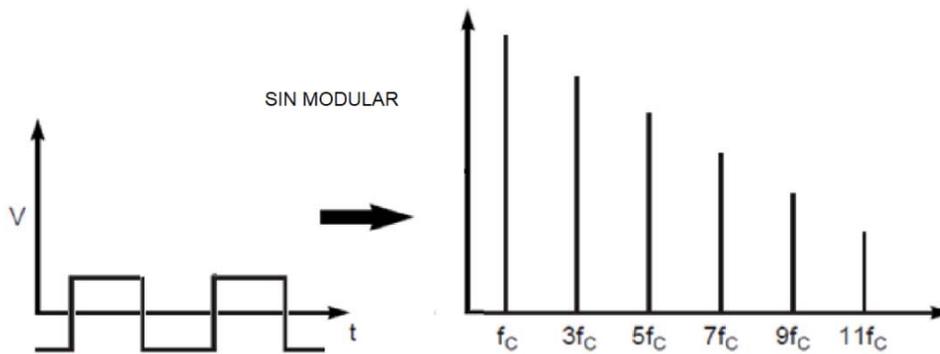


Fig. 12

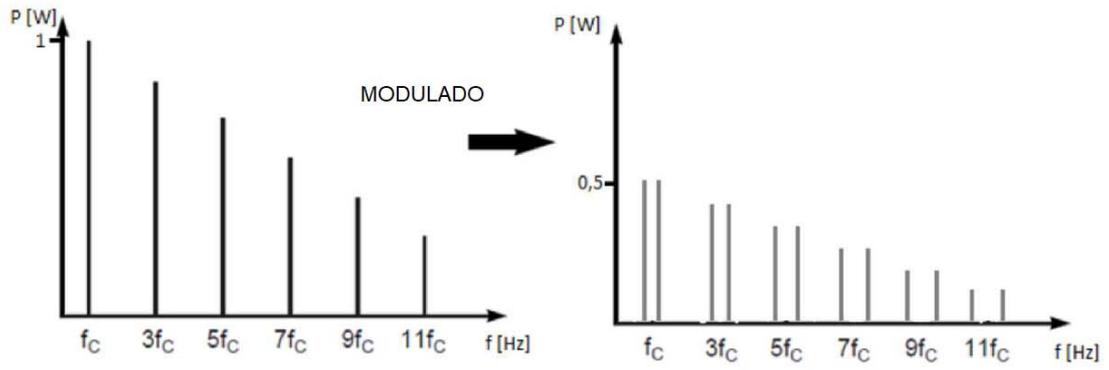


Fig. 13

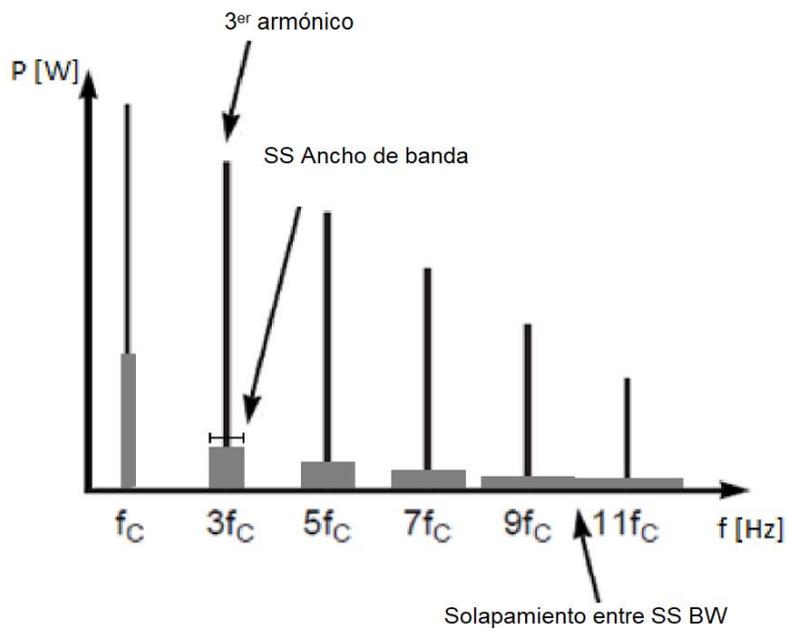


Fig. 14

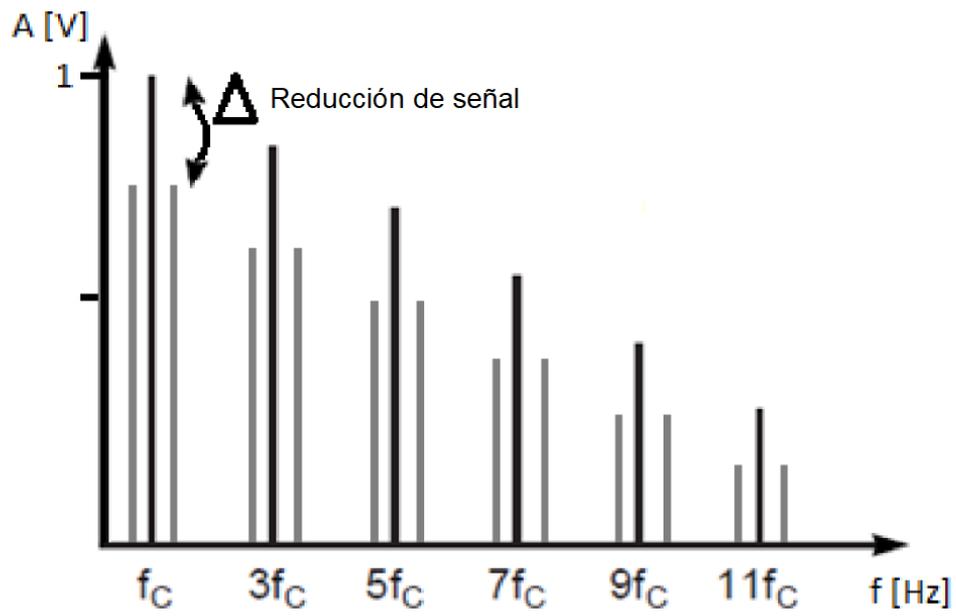


Fig. 15

Frecuencias seleccionadas aleatoriamente de FHSS

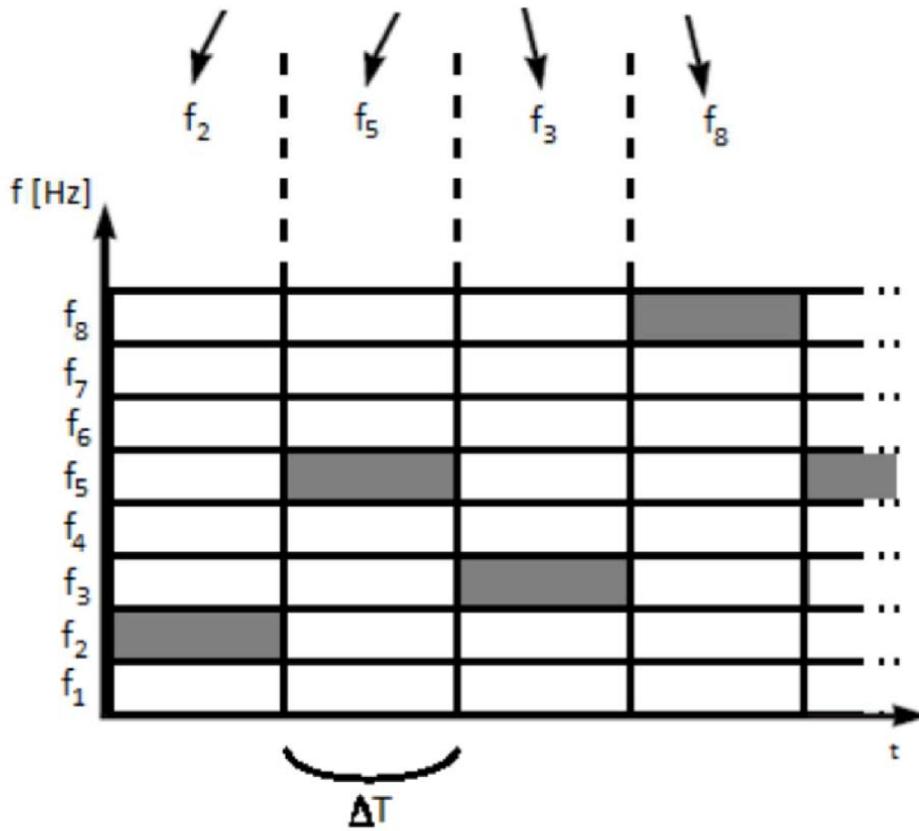


Fig. 16

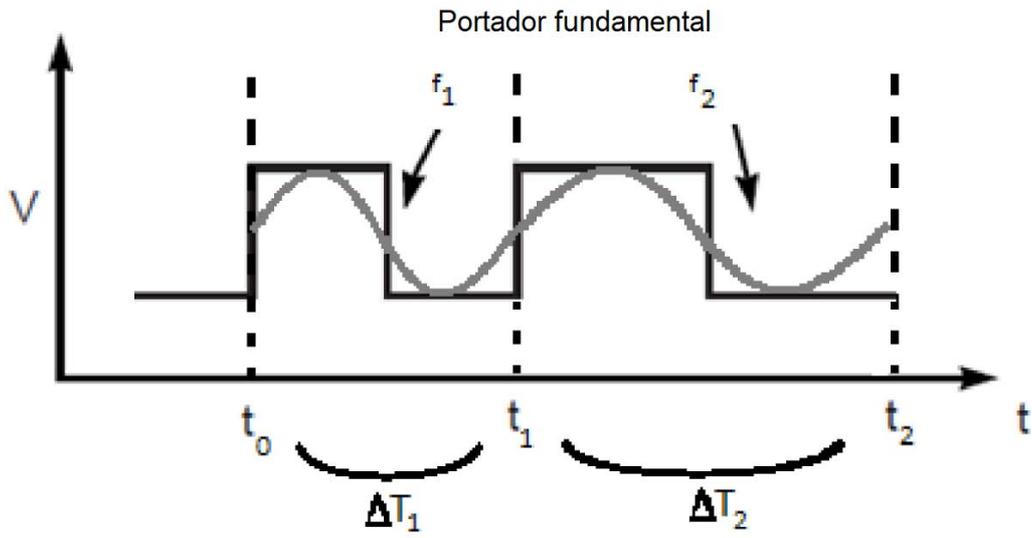
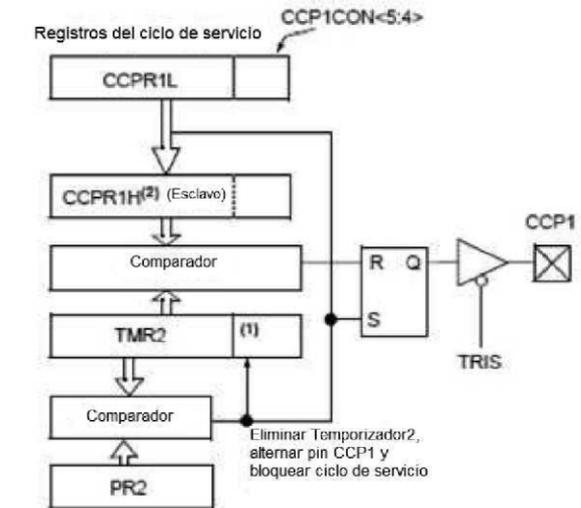


Fig. 17



- Nota
- 1: El temporizador TMR2 de 8 bits está concatenado con el reloj del sistema interno de 2 bits (F_{osc}) o 2 bits del predivisor para crear la base de tiempos de 10 bits.
 - 2: En el modo PWM, CCPR1H es un registro de solo lectura.

Fig. 18

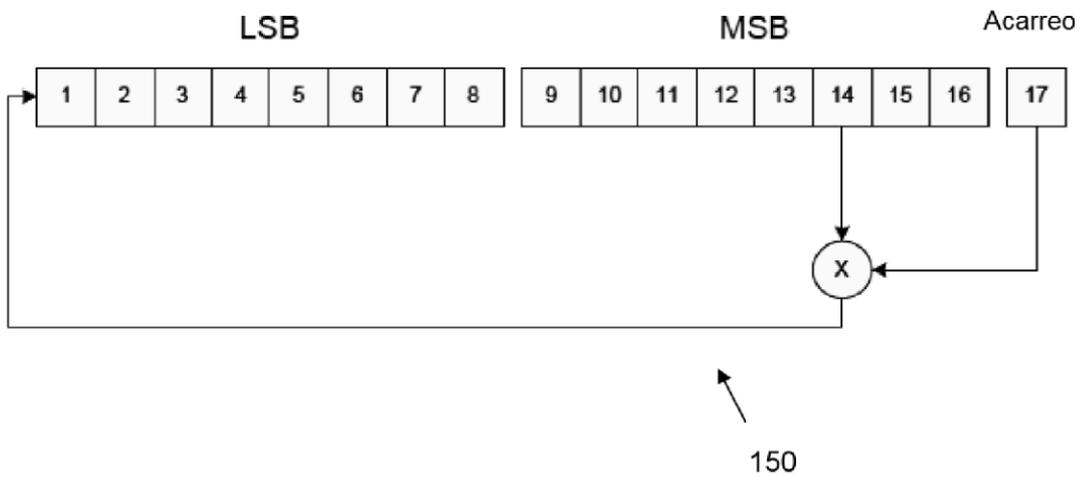


Fig. 19

