

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 026**

51 Int. Cl.:
H03F 3/217 (2006.01)
H03F 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06744530 .4**
96 Fecha de presentación: **20.04.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1872473**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2008**

54 Título: **Método para modulación de tensión**

30 Prioridad:
20.04.2005 IT BO20050260

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.07.2012

73 Titular/es:
O.C.E.M. S.P.A.
VIA 2 AGOSTO 1980, 11
40016 S. GIORGIO DI PIANO, IT

72 Inventor/es:
RINALDI, Luigi

74 Agente/Representante:
Veiga Serrano, Mikel

ES 2 385 026 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para modulación de tensión

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un método de modulación de tensión para transformar una señal de potencia limitada, en una señal de sustancialmente la misma forma de onda, pero amplificada por un factor dado, para alimentar una carga eléctrica.

10

Estado de la técnica

Los dispositivos de amplificación conocidos procesan una señal analógica de entrada y generan una señal de salida amplificada, cuya forma de onda reproduce aproximadamente la forma de onda de la primera, porque puede adoptar sólo un número definido de valores dentro de un intervalo de variación dado.

15

Por tanto, la señal de salida tiene una forma de onda que reproduce la de entrada sólo como promedio, considerando un intervalo de tiempo seleccionado.

20

Esto se obtiene, de manera conocida, mediante una conversión analógica-digital de la señal de entrada, que incluye, tal como sigue: muestreo, cuantificación y codificación de la señal de entrada, por ejemplo, según un código binario; de esta forma, se da a la señal de entrada un valor codificado constante, que corresponde al de la "muestra", restado de un error de cuantificación, en cada intervalo de muestreo.

25

Una unidad lógica, situada habitualmente antes del bloque de conversión, procesa la señal codificada y activa y desactiva una pluralidad bien definida de unidades de conmutación, dispuestas en serie y conectadas a una carga eléctrica, para definir un circuito eléctricamente continuo.

30

Cada una de las unidades de conmutación tiene una fuente de alimentación y medios de cambio, cuyo funcionamiento produce la conexión y desconexión de la fuente de alimentación al circuito, incrementando y disminuyendo respectivamente la tensión aplicada a la carga en un valor igual a la diferencia establecida por la fuente.

35

Un procedimiento similar al descrito anteriormente se describe en la patente europea n.º EP 0 124 765, que se refiere a un amplificación de conmutación de potencia digital.

40

Según esta solución técnica, si U_0 indica la tensión máxima que puede alimentarse a la carga y N define el número de unidades de conmutación, la unidad de conmutación enésima (es decir, la unidad de conmutación que puede reconocerse por una dirección de identificación "n") puede contribuir con una tensión igual a la razón respectivamente de las unidades que acaban de mencionarse (U_0/N) y se activa cuando la tensión en la carga debe superar el valor expresado por la razón multiplicado por "n" menos uno (es decir, $U_0/N*(n-1)$, estando "n" comprendido entre 1 y N).

45

Debido a la aleatoriedad del desarrollo de señal de entrada genérica, las unidades de conmutación estarán predominantemente en una configuración activa ("n" de valor bajo), otras estarán predominantemente en una configuración inactiva (valor de "n" próximo a N), y todavía otras se activarán y desactivarán con una frecuencia de conmutación alta, próxima a la frecuencia de muestreo.

50

Por tanto, esto determina un funcionamiento desequilibrado del amplificador, lo que produce un desgaste prematuro de las unidades de conmutación, sometidas a funcionamiento y/o frecuencias de conmutación altos principalmente en la configuración activa, y en consecuencia a una fiabilidad del dispositivo reducida, con numerosas operaciones de mantenimiento y sustituciones de sus elementos electrónicos.

55

La frecuencia de muestreo, que tal como se conoce, debe ser preferiblemente alta, está limitada por tanto por la frecuencia de conmutación máxima, que cada fase puede soportar y, entre otros por la alta pérdida de energía calorífica, que incrementa con el incremento de la frecuencia de conmutación.

60

Además, se dificulta la conexión de los filtros con la carga, normalmente filtros de paso bajo, porque cuanto menor es la frecuencia de muestreo, mayores son sus costes y dimensiones.

El documento citado anteriormente EP 0 124 765 y los documentos EP 0 329 967, EP 0 690 560 dan a conocer un aparato para modulación de tensión que comprende una pluralidad de módulos conectados en serie para establecer una tensión global aplicada a una carga, identificándose cada uno de los módulos por un código de identificación e incluyendo al menos una fuente de alimentación y medios de conmutación para conectar o desconectar la fuente de

5 alimentación, activando y desactivando de ese modo el módulo, para o bien incrementar o bien disminuir respectivamente la tensión aplicada a dicha carga en un valor igual a la tensión alimentada por la fuente de alimentación, controlándose dichos medios de conmutación por una unidad central, según el procesamiento de al menos una señal de modulación. Otro aparato para modulación de tensión se da a conocer por el documento US 2004/109512.

Objeto de la invención

10 El objeto de la presente invención es proponer un método para modulación de tensión, que reduce considerablemente los inconvenientes mencionados anteriormente; en resumen, un método, que permite obtener un funcionamiento equilibrado y fiable de las unidades de conmutación, alcanzando así frecuencias de conmutación superiores con respecto a las obtenidas con dispositivos y métodos conocidos.

15 Los objetos mencionados anteriormente se obtienen, según las reivindicaciones, mediante un método para modulación de tensión usando una pluralidad de módulos conectados en serie para establecer una tensión global aplicada a una carga, identificándose cada uno de los módulos por un código de identificación e incluyendo al menos una fuente de alimentación y medios de conmutación para conectar o desconectar la fuente de alimentación, activando y desactivando de ese modo el módulo, para o bien incrementar o bien disminuir respectivamente la tensión aplicada a dicha carga en un valor igual a la tensión alimentada por la fuente de alimentación, controlándose dichos medios de conmutación por una unidad central, según el procesamiento de al menos una señal de modulación, caracterizándose el método porque incluye una etapa de inicialización para fijar a cero un contador de encendido (I_{ON}), un contador de apagado (I_{OFF}) y una variable de activación (MOD_{ON}), y porque repite continuamente ciclos de tiempo, incluyendo cada uno de ellos:

25 a) encontrar el valor de dicha señal de modulación y calcular una variable de error definida por la multiplicación del valor de la señal de modulación (m) por el número total de módulos (N), de la que se resta el número de dichos módulos activos, definido por el valor de la variable de activación;

30 y una de las etapas siguientes, concretamente:

b) si dicho valor de variable de error es mayor que uno, o posiblemente igual a uno, se ejecuta un algoritmo de encendido que produce:

35 i. activación de al menos uno más de dichos módulos, en un momento de encendido, concretamente un módulo que tiene un código de identificación igual a un número memorizado en el contador de encendido;

ii. incremento del contador de encendido en al menos uno;

40 iii. incremento de dicha variable de activación en un número igual al número de módulos que acaban de encenderse;

c) si dicho valor de variable de error es menor que menos uno, o posiblemente igual a menos uno, se ejecuta un algoritmo de apagado que produce:

45 i. desactivación de al menos uno de los módulos activos, en un momento de apagado, concretamente un módulo que tiene un código de identificación igual a un número memorizado en el contador de apagado;

ii. incremento del contador de apagado en al menos uno;

50 iii. disminución de dicha variable de activación en un número igual al número de módulos que acaban de apagarse;

d) si dicho valor de variable de error está comprendido entre menos uno y uno:

55 i. activación de dicho módulo que tiene un código de identificación igual al memorizado en el contador de encendido, cuando, dentro de un ciclo de tiempo prefijado, ha transcurrido un tiempo de activación al menos próximo a una duración representativa del ciclo de tiempo, multiplicado por la diferencia entre uno y el valor de dicha variable de error dividido por dos;

60 ii. desactivación de un módulo con código de identificación igual al memorizado en el contador de apagado, cuando ha transcurrido un tiempo de desactivación, dentro de un ciclo de tiempo prefijado, al menos próximo a una duración representativa del ciclo de tiempo, multiplicado por la suma de uno y el valor adoptado de dicha variable de error dividido por dos;

iii. incremento de dichos contador de encendido y contador de apagado en un valor igual a al menos uno.

Descripción de las figuras

Los rasgos característicos de la invención, que no se derivan de lo que acaba de decirse, se indicarán mejor a continuación, según las reivindicaciones y con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- 5 - La figura 1 es un diagrama de bloques de un posible sistema para la modulación de tensión, que lleva a cabo el método propuesto;
- 10 - la figura 2 es un diagrama de flujo del método propuesto, en una realización preferida;
- la figura 3 muestra ejemplos del comportamiento en el tiempo de algunas unidades significativas de la figura 1;
- la figura 4 es un diagrama de flujo del método según otra realización;
- 15 - la figura 5 muestra ejemplos del comportamiento en el tiempo de algunas unidades significativas de la figura 1, según esta realización.

Descripción detallada de la invención

20 Con respecto a las figuras adjuntas, el número de referencia general (1) indica una unidad central, que recibe una señal de modulación de entrada m, por ejemplo, una señal de tensión analógica que varía entre cero y uno (con respecto a una referencia de base común), y alimenta una pluralidad de señales de salida (S₀, S₁, ... S_j,... S_{N-1}), destinadas a activar y desactivar una pluralidad de módulos (2), presentes en N unidades, véase la figura 1.

25 Los módulos (2) están conectados en serie y cada uno de ellos puede ubicarse mediante un código de identificación (por ejemplo, numérico y comprendido entre 0 y N-1).

Los módulos están conectados eléctricamente a una carga (3), para definir un circuito eléctricamente continuo.

30 El módulo genérico "jésimo" (código "j", comprendido en el intervalo mencionado anteriormente) incluye una fuente de alimentación (A_j) y medios de conmutación (M_j), cuyo funcionamiento desactiva o activa el módulo, con disminución o incremento respectivos de la tensión aplicada a la carga (3), en un valor igual a la tensión (E_j) (siendo E₀=E₁=... =E_j=...=E_{N-1}), alimentada por la fuente.

35 Por ejemplo, en la figura 1, el primer módulo, el módulo jésimo y el módulo N-1ésimo están en estado activo, mientras que el módulo cero está en estado desactivado.

Todavía con referencia a la figura 1, (d) indica esquemáticamente una señal de diagnóstico, que pasa desde la pluralidad de módulos (2) a la unidad (1) central.

40 La señal de diagnóstico (d) contiene información sobre, por ejemplo, el funcionamiento correcto de cada módulo.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo (mejor descrito más adelante), que resume, con bloques funcionales, las operaciones del método propuesto, según una realización preferida.

45 El diagrama de flujo muestra una etapa de inicialización, que incluye reinicializar un contador de encendido (I_{ON}) (simbólicamente: I_{ON} → 0), un contador de apagado (I_{OFF}) (ambos, por ejemplo, de tipo bucle, que operan entre valores correspondientes 0 y N-n) y una variable de activación (MOD_{ON}) (por ejemplo, implementada por una célula de memoria), cuyo valor indica el número real de los módulos activos (inicialmente igual a cero).

50 El método incluye una secuencia de operaciones, repetidas cíclicamente, según una pluralidad de ciclos de tiempo de duración (T_C), incluyendo el primer ciclo de tiempo:

55 a) encontrar el valor de la señal de modulación (m) y calcular una variable de error (e) definida por la multiplicación del valor de esta última por el número total de módulos (N), de la que se resta el valor de la variable de activación (MOD_{ON}):

$$e = m * N - MOD_{ON}$$

60 b) si el valor de la variable de error (e) es mayor que uno, llevar a cabo un algoritmo de encendido, que incluye: activación de un módulo, en un momento de encendido (T_a), por ejemplo, que coincide con el inicio del ciclo de tiempo posterior, teniendo el módulo un código de identificación igual al memorizado en el contador de encendido (I_{ON}); incremento de este último en un valor al menos igual a uno, así como incremento de dicha variable de activación (MOD_{ON}) en un valor unitario;

c) si el valor de la variable de error (e) es menor que menos uno, llevar a cabo un algoritmo de apagado, que incluye: desactivación de un módulo, en un momento de apagado (T_a), por ejemplo, que coincide con el inicio del ciclo de tiempo posterior, teniendo el módulo un código de identificación igual al memorizado en el contador de apagado (I_{OFF}); incremento de este último en un valor al menos igual a uno, así como disminución de dicha variable de activación (MOD_{ON}) en un valor unitario;

d) si el valor de la variable de error (e) está comprendido entre menos uno y uno: calcular una variable de encendido (I_{on}) (cuyo valor se memoriza, por ejemplo, en una célula de memoria correspondiente), definida por la multiplicación de la diferencia entre uno y el valor de la variable de error por una cantidad igual a la mitad del valor de resolución (RES),

$$I_{on} = (1 - e) * RES / 2;$$

calcular una variable de apagado (I_{off}) (cuyo valor se memoriza, por ejemplo, en una célula de memoria correspondiente), definida por la multiplicación de la suma de uno y el valor de la variable de error, en una cantidad igual a la mitad del valor de resolución RES,

$$I_{off} = (1 + e) * RES / 2;$$

activar un módulo, cuyo código de identificación es igual al memorizado en el contador de encendido (I_{ON}), cuando ha transcurrido un tiempo (T_{on}), por ejemplo, dentro de un ciclo de tiempo posterior al primero, que coincide con o está próximo al valor representativo de la duración (T_c) de este último, multiplicado por el valor de dicha variable de encendido (I_{on}), dividido por dicho valor de resolución RES,

$$T_{on} = T_c * I_{on} / RES$$

desactivar un módulo, cuyo código de identificación es igual al memorizado en el contador de apagado (I_{OFF}), cuando ha transcurrido un tiempo (T_{off}), por ejemplo, dentro de un ciclo de tiempo posterior al primero, que coincide con o está próximo al valor representativo de la duración (T_t) de este último, multiplicado por el valor de dicha variable de apagado (I_{off}), dividido por dicho valor de resolución RES,

$$T_{off} = T_c * I_{off} / RES$$

incrementar dichos contadores de encendido (I_{ON}) y apagado (I_{OFF}) en un valor igual a al menos uno.

El segundo ciclo de tiempo, a continuación del primero, incluye llevar a cabo la etapa a) en combinación con las etapas b), c), d) restantes y así sucesivamente durante los ciclos de tiempo posteriores.

Las etapas b), c), d) se llevan a cabo según el valor, calculado durante la etapa a), de la variable de error (e) respectivamente en los casos en que tiene un valor mayor que uno, menor que menos uno y comprendido entre menos uno y uno; de otro modo las etapas b), c), d) pueden llevarse a cabo respectivamente en los casos en que la variable de error (e) tiene un valor:

- mayor o igual a uno, menor o igual a menos uno, mayor que menos uno y menor que uno;

- mayor o igual a uno, menor que menos uno, mayor o igual a menos uno y menor que uno;

- mayor que uno, menor o igual a menos uno, mayor que menos uno y menor o igual a uno.

Se especifica que, cuando se produce la etapa d), los módulos cuyos códigos de identificación se memorizan en el contador de encendido (I_{ON}) y el contador de apagado (I_{OFF}), se activan y desactivan respectivamente, por ejemplo, cuando los tiempos relevantes (T_{on}) y (T_{off}) tienen valores de número entero, lo más próximos al valor calculado con las expresiones anteriores como sea posible.

Es posible expresar esta definición en las fórmulas:

$$T_{on} = \text{int} (T_c * I_{on} / RES);$$

$$T_{off} = \text{int} (T_c * I_{off} / RES),$$

en las que la función genérica "int (x)", donde x es un número real, devuelve el número entero más próximo a x; el valor de resolución RES puede suponerse, por ejemplo, igual a uno.

Los valores (T_{on}) y (T_{off}) así calculados están tan próximos a los valores dentro de los paréntesis de la expresión al lado derecho del signo igual de las fórmulas relevantes, que el número representativo (T_c) de la duración de cada ciclo de tiempo es alto (como es obvio):

5 por ejemplo, si el ciclo tiene una duración de 1,3 microsegundos, la aproximación es menor si la duración (T_c) de cada ciclo de tiempo se expresa en picosegundos en lugar de en nanosegundos.

Además, el presente método puede incluir un contador de reloj de tipo bucle, que adopta valores dentro del intervalo entre cero y el valor de resolución RES (que en esta ocasión puede tener incluso valores relativamente altos), correspondiendo el inicio de cada ciclo de tiempo de duración (T_c) al valor de cero.

Por tanto, el contador de reloj escanea los tiempos de cada ciclo de tiempo, de modo que la activación y/o desactivación de uno o más módulos, según la realización de las etapas b), c), d), coincide con la actualización de los valores adoptados por el contador.

15 Por tanto, en este sentido, las etapas b) o c) corresponden respectivamente a la activación y la desactivación del módulo relativo (basándose en las observaciones previas), cuando el valor (CK) del contador de reloj es igual a cero, es decir, coincide con el inicio de un nuevo ciclo de tiempo.

20 La realización de la etapa d) en el ciclo de tiempo posterior corresponde a la activación del módulo, cuyo código de identificación se memoriza en el contador de encendido (I_{ON}), cuando el contador de reloj adopta el valor de número entero más próximo al adoptado por la variable de encendido (I_{ON}), por ejemplo:

$$CK = \text{int} (I_{on});$$

25 asimismo, la desactivación del módulo, cuyo código de identificación se memoriza en el contador de apagado (I_{OFF}), se produce siempre en el ciclo de tiempo posterior al actual, cuando el contador de reloj adopta el valor de número entero más próximo al adoptado por la variable de apagado (I_{OFF}), por ejemplo:

$$30 \quad CK = \text{int} (I_{off});$$

A la luz de la consideración anterior, el diagrama de flujo mostrado en la figura 2 resulta fácil de entender.

35 Por ejemplo, la figura 3 muestra esquemáticamente el comportamiento en el tiempo de las señales de control (S_0 , S_1 , S_2 , S_3), suponiendo que hay cuatro módulos ($N = 4$), que los tiempos de subida y bajada de cada señal de control se consideran nulos por motivos de claridad, y que un valor de la señal de modulación (m) es constante e igual a 0,625; en el diagrama, el valor lógico "1" está asociado a la activación del módulo correspondiente, mientras que el valor lógico "0" está asociado a la desactivación del módulo relacionado.

40 En el inicio (etapa de inicio mostrada en la figura 2), el contador de encendido (I_{ON}), el contador de apagado (I_{OFF}) y la variable de activación (MOD_{ON}) se fijan a cero; se encuentra el valor de m , constante, tal como se comentó anteriormente, y se calcula el valor de la variable de error (e),

$$e = 0,625 * 4 - 0 = 2,5,$$

45 por tanto la etapa a) va seguida por la etapa b), que corresponde al incremento unitario del contador de encendido (I_{ON}) y de la variable de activación (MOD_{ON}).

50 En el inicio del ciclo de tiempo posterior (tiempo $1T_c$ en el diagrama), cuando $CK = 0$, se activa el módulo de dirección cero y sigue la etapa a) de nuevo, encontrándose el valor de (m), que se supone siempre que es igual a 0,625, y el cálculo de la variable de error (e), que esta vez adopta un valor igual a 1,5; esto corresponde de nuevo a la realización de la etapa b), con el incremento unitario del contador de encendido (I_{ON}) y de la variable de activación (MOD_{ON}).

55 En el ciclo de tiempo posterior (time $2T_c$ en el diagrama), cuando $CK = 0$, se activa el módulo de dirección uno y sigue la etapa a), con el resultado siguiente:

$$e = 0,625 * 4 - 2 = 0,5,$$

60 por tanto, se lleva a cabo la etapa d), con el consiguiente cálculo de la variable de encendido (I_{on}) y la variable de apagado (I_{off}); suponiendo, por ejemplo, que (RES) es igual a 1000, estos valores son iguales respectivamente a 250 y a 750, por tanto, en el ciclo de tiempo posterior (comprendido entre el tiempo ($3T_c$) y ($4T_c$), se activan los dos módulos codificados a 2 cuando $CK = 250$, y se desactiva el módulo codificado a cero cuando $CK = 750$.

Con tiempos superiores a $(4T_c)$, se llevan a cabo cíclicamente la etapa a) y luego la etapa d), tal como puede deducirse del análisis del diagrama de flujo de la figura 3.

5 Se aplica una tensión variable, cuadrada a la carga (3), y su valor medio es dos veces y medio la diferencia entre la tensión (E_j) (siendo $E_c = \dots = E_j = \dots = E_3$), alimentada por una fuente de alimentación genérica, y una frecuencia de ciclo (f_c) igual a la recíproca de la duración (T_c) de cada ciclo de tiempo, mientras que cada módulo se activa y se desactiva periódicamente (suponiendo que la señal de modulación (m) es constante), con un periodo de conmutación (T_{sw}) igual al producto de la duración de cada ciclo de tiempo (T_c) y el número (N) de módulos presentes:

10

$$T_{sw} = T_c * N$$

La expresión anterior sigue siendo aproximadamente válida también para señales de modulación (m), que cambian en el tiempo.

15

$$T_{sw} \cong T_c * N.$$

20 Como es obvio, el tiempo de conmutación (T_{sw}) disminuye con el incremento del número (N) de módulos presentes, siendo igual la duración de los ciclos de tiempo (T_c), y en consecuencia, disminuye las pérdidas de energía calorífica atribuidas a cada módulo.

25

Con la misma frecuencia de conmutación (f_{sw}) permitida (siendo (f_{sw}) igual a la recíproca del periodo de conmutación (T_{sw})), la frecuencia de ciclo máxima permitida (f_c) se incrementa con el incremento del número (N) de módulos, lo que se usa para la implementación del presente método:

$$f_{sw} \text{ (máx.)} \cong f_c \text{ (máx.)} / N.$$

30

De esta forma, mediante el uso de un número (N) determinado de módulos, es posible alcanzar una frecuencia de ciclo alto (f_c), lo que permite introducir un filtro más pequeño y menos caro en la carga (3) (no mostrado en la figura 1).

Esto se debe a que cada vez que cambia la señal de modulación, diferentes módulos o bien se activan o bien se desactivan. La frecuencia de cambio es, por tanto, distinta del tiempo de cambio del módulo individual.

35

Otra ventaja del presente método radica en el hecho de que los módulos se someten a estados de funcionamiento casi idénticos, puesto que cada módulo se "somete a esfuerzo" en el mismo grado: realmente, tal como se entiende, por ejemplo, a partir del análisis de la figura 3, cada módulo tiene la misma frecuencia de conmutación (f_{sw}); esta condición, es aproximadamente válida, tal como ya se ha mencionado, también para señales de modulación, que son variables en cualquier caso, por tanto, los intervalos de tiempo durante los cuales cada módulo permanece activo, pueden considerarse generalmente iguales.

40

De esta forma, se obtiene un funcionamiento equilibrado de la pluralidad de módulos (2), lo que da como resultado un incremento de la fiabilidad del sistema o dispositivo, que lleva a cabo el método propuesto y reduce las operaciones de mantenimiento al mínimo.

45

También es posible que el número (N) de módulos sea mayor que el número absolutamente necesario para el buen funcionamiento del sistema o dispositivo, que lleva a cabo el método propuesto (satisfaciendo, por ejemplo, especificaciones adecuadas sobre el valor de la frecuencia de conmutación (f_{sw}), que debe obtenerse).

50

Esto es particularmente útil, cuando falla uno o más módulos de la pluralidad de módulos (2), porque es posible excluir su(s) código(s) de identificación del recuento realizado por el contador de encendido (I_{ON}) y el contador de apagado (I_{OFF}).

55

La información sobre el fallo de los módulos se envía a la unidad (1) central a través de la señal de diagnóstico (d) que procede de la pluralidad de módulos (2).

Esta ventaja permite un incremento adicional de la fiabilidad de todo el sistema o dispositivo.

60

Otra variante se muestra, como un diagrama de flujo, en la figura 4, e incluye, como caso particular, la realización preferida mencionada anteriormente: en realidad, este diagrama de flujo es idéntico al de la figura 2, suponiendo que la denominada "rapidez de respuesta", definida como la variación de tensión máxima en un intervalo de tiempo prefijado, en este caso considerado igual a la duración de un ciclo de tiempo (T_c), coincide con la expresión siguiente:

$$\text{Rapidez de respuesta} = E_j / T_c,$$

es decir, es igual a la razón de la diferencia del potencial presente en los extremos de una fuente de alimentación genérica (A_j) para el tiempo (T_c).

5 En otras palabras, el presente método se amplía y es válido para valores de rapidez de respuesta que son múltiplos del expresado en la fórmula anterior.

10 Por ejemplo, la figura 5 muestra el comportamiento en el tiempo de las señales de control (S_0, \dots, S_3), con las mismas hipótesis realizadas en la introducción al diagrama de la figura 3, aplicando una rapidez de respuesta igual a:

$$\text{Rapidez de respuesta} = 2 * E_j / T_c.$$

REIVINDICACIONES

1. Método para modulación de tensión usando una pluralidad de módulos (2) conectados en serie para establecer una tensión global aplicada a una carga (3), identificándose cada uno de los módulos por un código de identificación e incluyendo al menos una fuente de alimentación (A_j) y medios de conmutación (M_j) para conectar o desconectar la fuente de alimentación, activando y desactivando de ese modo el módulo, para o bien incrementar o bien disminuir respectivamente la tensión aplicada a dicha carga (3) en un valor igual a la tensión (E_j) alimentada por la fuente de alimentación (A_j), controlándose dichos medios de conmutación (M_j) por una unidad (1) central, según el procesamiento de al menos una señal de modulación (m), caracterizándose el método porque incluye una etapa de inicialización para fijar a cero un contador de encendido (I_{ON}), un contador de apagado (I_{OFF}) y una variable de activación (MOD_{ON}), y porque repite continuamente ciclos de tiempo, incluyendo cada uno de ellos:
- a) encontrar el valor de dicha señal de modulación (m) y calcular una variable de error (e) definida por la multiplicación del valor de la señal de modulación (m) por el número total de módulos (N), de la que se resta el número de dichos módulos activos, definido por el valor de la variable de activación (MOD_{ON});
- y una de las etapas siguientes, concretamente:
- b) si dicho valor de variable de error (e) es mayor que uno, o posiblemente igual a uno, se ejecuta un algoritmo de encendido que produce:
- i. activación de al menos uno más de dichos módulos, en un momento de encendido (T_a), concretamente un módulo que tiene un código de identificación igual a un número memorizado en el contador de encendido (I_{ON});
- ii. incremento del contador de encendido en al menos uno;
- iii. incremento de dicha variable de activación (MOD_{ON}) en un número igual al número de módulos que acaban de encenderse;
- c) si dicho valor de variable de error (e) es menor que menos uno, o posiblemente igual a menos uno, se ejecuta un algoritmo de apagado que produce:
- i. desactivación de al menos uno de los módulos activos, en un momento de apagado (T_s), concretamente un módulo que tiene un código de identificación igual a un número memorizado en el contador de apagado (I_{OFF});
- ii. incremento del contador de apagado en al menos uno;
- iii. disminución de dicha variable de activación (MOD_{ON}) en un número igual al número de módulos que acaban de apagarse;
- d) si dicho valor de variable de error (e) está comprendido entre menos uno y uno:
- i. activación de dicho módulo que tiene un código de identificación igual al memorizado en el contador de encendido (I_{ON}), cuando, dentro de un ciclo de tiempo prefijado, ha transcurrido un tiempo de activación (T_{on}) al menos próximo a una duración representativa (T_c) del ciclo de tiempo, multiplicado por la diferencia entre uno y el valor de dicha variable de error dividido por dos;
- ii. desactivación de un módulo con código de identificación igual al memorizado en el contador de apagado (I_{OFF}), cuando ha transcurrido un tiempo de desactivación (T_{off}), dentro de un ciclo de tiempo prefijado, al menos próximo a una duración representativa del ciclo de tiempo, multiplicado por la suma de uno y el valor adoptado de dicha variable de error dividido por dos;
- iii. incremento de dicho contador de encendido (I_{ON}) y contador de apagado (I_{OFF}) en un valor igual a al menos uno.
2. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye un contador de reloj, que incrementa cíclicamente su valor de salida comenzando desde un valor de cero hasta un valor de resolución (RES), comenzando dicho ciclo de tiempo en dicho valor de cero y terminando en dicho valor de resolución (RES); produciendo la activación y/o desactivación de al menos uno de dichos módulos, debido a la ejecución de dicha etapa d), en una actualización incremental de dicho reloj al menos próxima a una variable de encendido (I_{on}), definida por la multiplicación de la diferencia entre uno y el valor de dicha

variable de error en una cantidad igual a la mitad de dicho valor de resolución (RES), y a una variable de apagado (I_{off}), definida por la multiplicación de la suma de uno y el valor adoptado de dicha variable de error, en una cantidad igual a la mitad del valor de resolución (RES).

- 5 3. Método para modulación de tensión según la reivindicación 2, caracterizado porque tras la ejecución de dicha etapa d), se activa un módulo con un código de identificación igual al memorizado en el contador de encendido (I_{ON}), dentro de un ciclo de tiempo prefijado, en un tiempo de activación (T_{on}) igual al número entero más próximo a una duración representativa del ciclo de tiempo, multiplicado por el valor adoptado por dicha variable de encendido (I_{on}), dividido por dicho valor de resolución (RES).
- 10 4. Método para modulación de tensión según la reivindicación 2, caracterizado porque, tras la ejecución de dicha etapa d), se desactiva un módulo con un código de identificación igual al memorizado en el contador de apagado (I_{OFF}), dentro de un ciclo de tiempo prefijado, en un tiempo de desactivación (T_{off}) igual al número entero más próximo a un valor representativo de la duración del ciclo de tiempo, multiplicado por el valor de dicha variable de apagado (I_{off}), dividido por dicho valor de resolución (RES).
- 15 5. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque, tras la ejecución de dicha etapa b), se calcula dicha variable de error (e) y se repiten dichas etapas b), d) varias veces según el valor de dicha variable de error (e).
- 20 6. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque, tras la ejecución de dicha etapa c), se calcula dicha variable de error (e) y se repiten dichas etapas c), d) varias veces según el valor de dicha variable de error (e).
- 25 7. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho momento de encendido (T_a) es al menos próximo al inicio del siguiente ciclo de tiempo.
- 30 8. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho momento de apagado (T_s) es al menos próximo al inicio del siguiente ciclo de tiempo.
- 35 9. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos contador de encendido (I_{ON}) y contador de apagado (I_{OFF}) son de tipo bucle, y adoptan valores comprendidos entre cero y el número de dicha pluralidad de módulos (2) disminuido en uno.
- 40 10. Método para modulación de tensión según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye un contador de reloj, que incrementa cíclicamente el valor de salida comenzando desde cero y hasta un valor igual a dicho valor de resolución (RES), iniciándose cada ciclo de tiempo en el valor de cero, mientras que la activación y desactivación de al menos un módulo, que se produce durante dichas etapas b), c), d), coincide con la actualización de valor de dicho contador de reloj.
- 45 11. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos se excluye un valor dado de los valores asignados a dichos contador de encendido (I_{ON}) y contador de apagado (I_{OFF}), durante el estado de funcionamiento, para evitar la desactivación o activación de un módulo que tiene un código de identificación que coincide con dicho valor dado.

FIG. 1

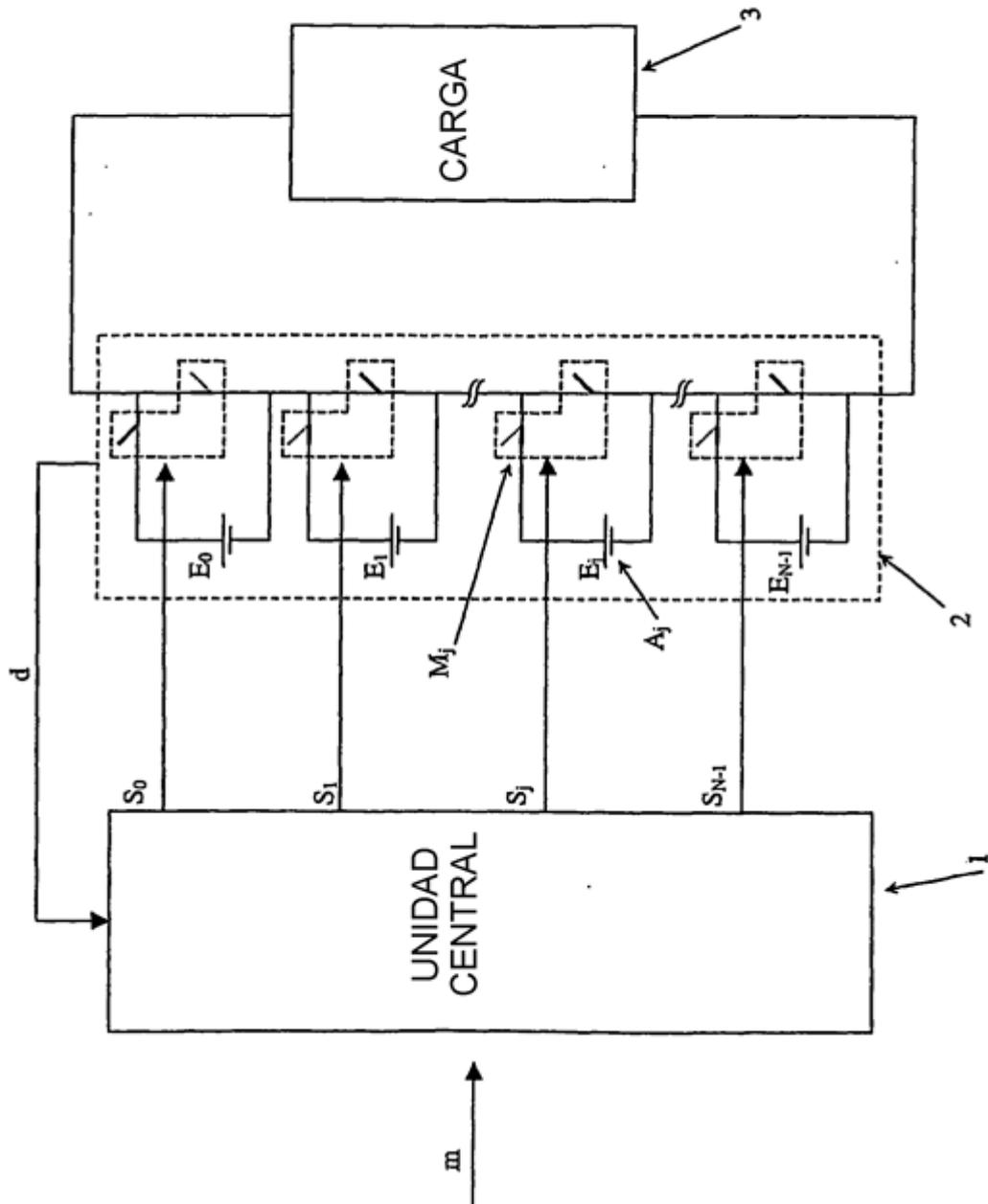
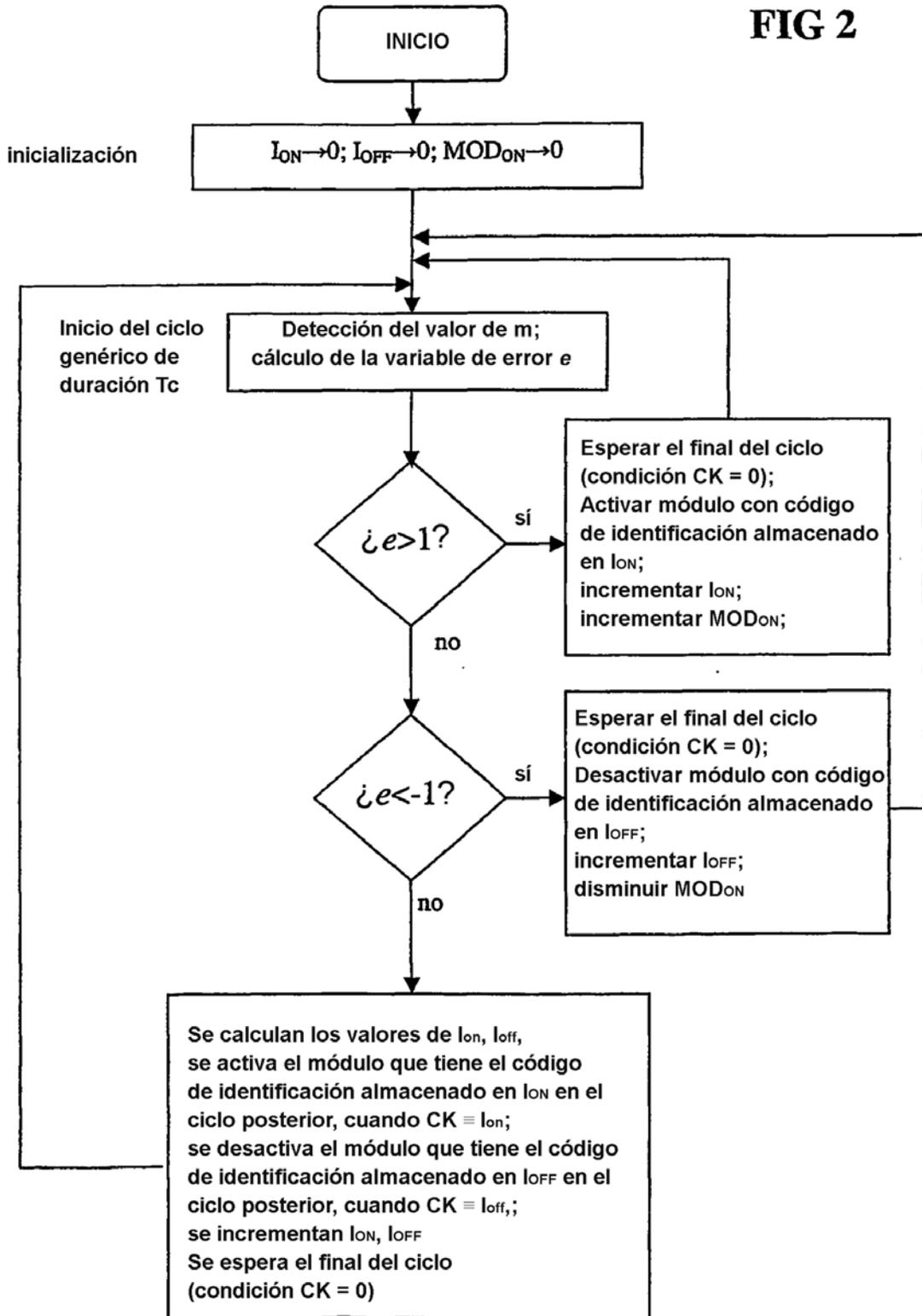


FIG 2



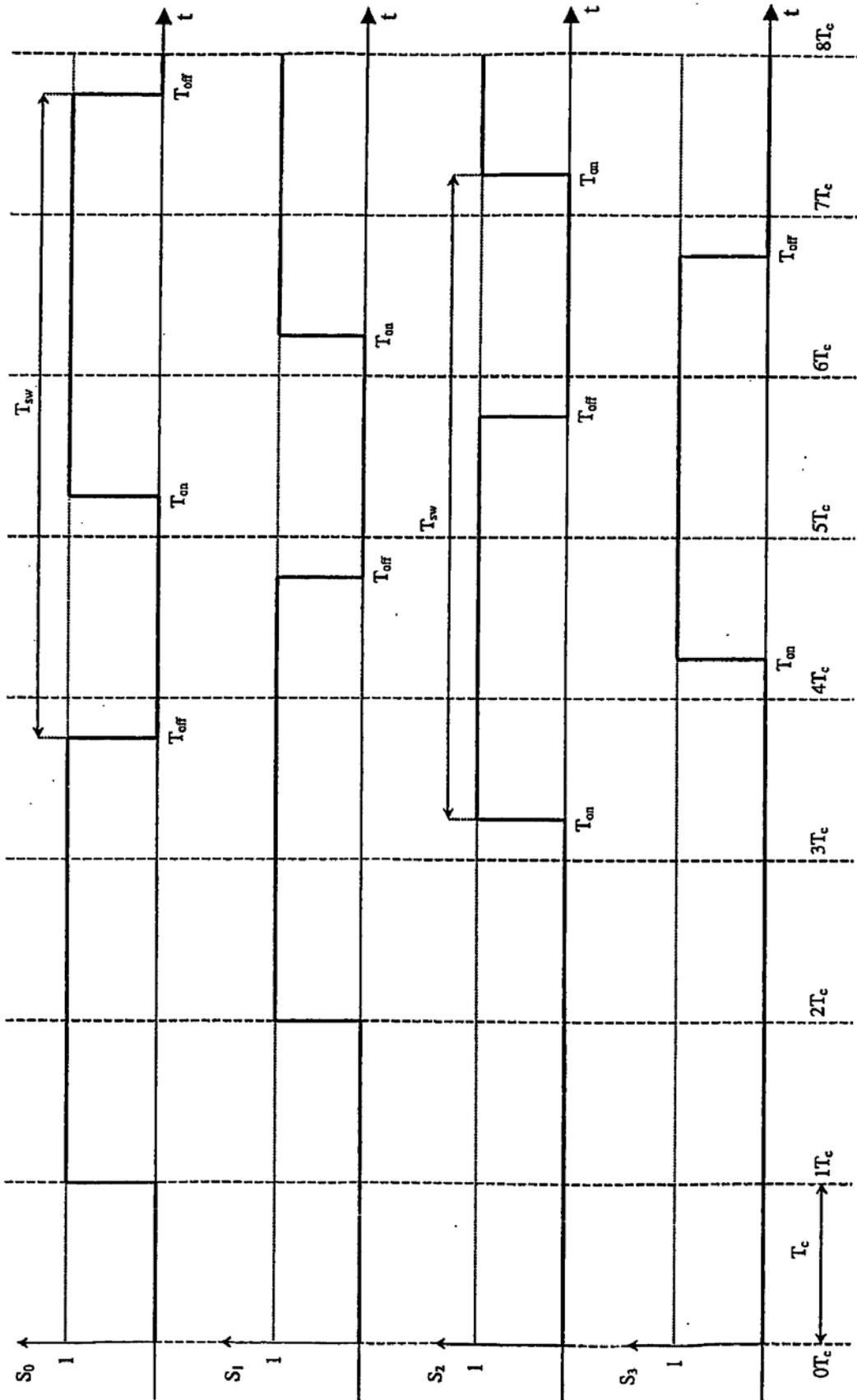
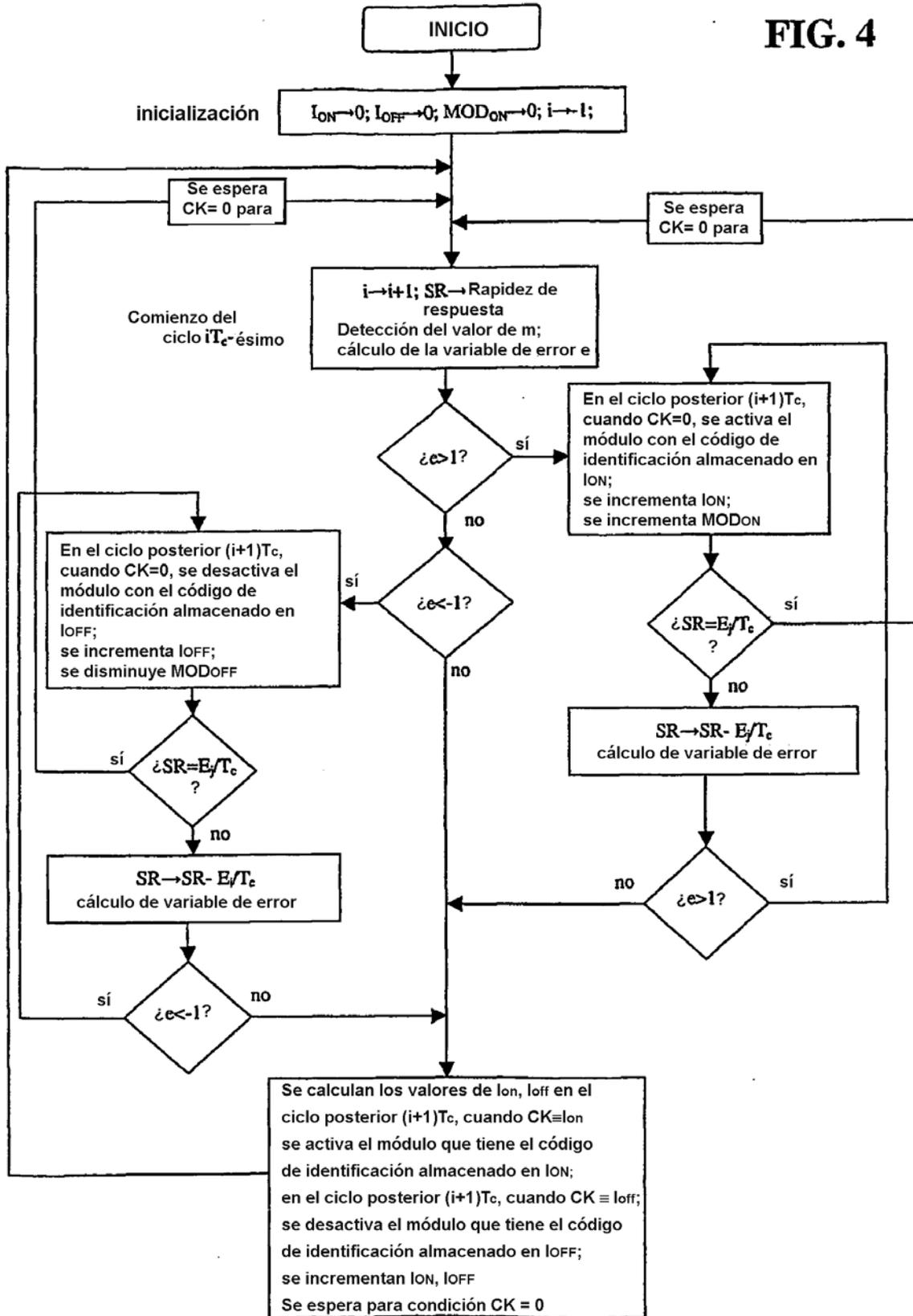


FIG 3

FIG. 4



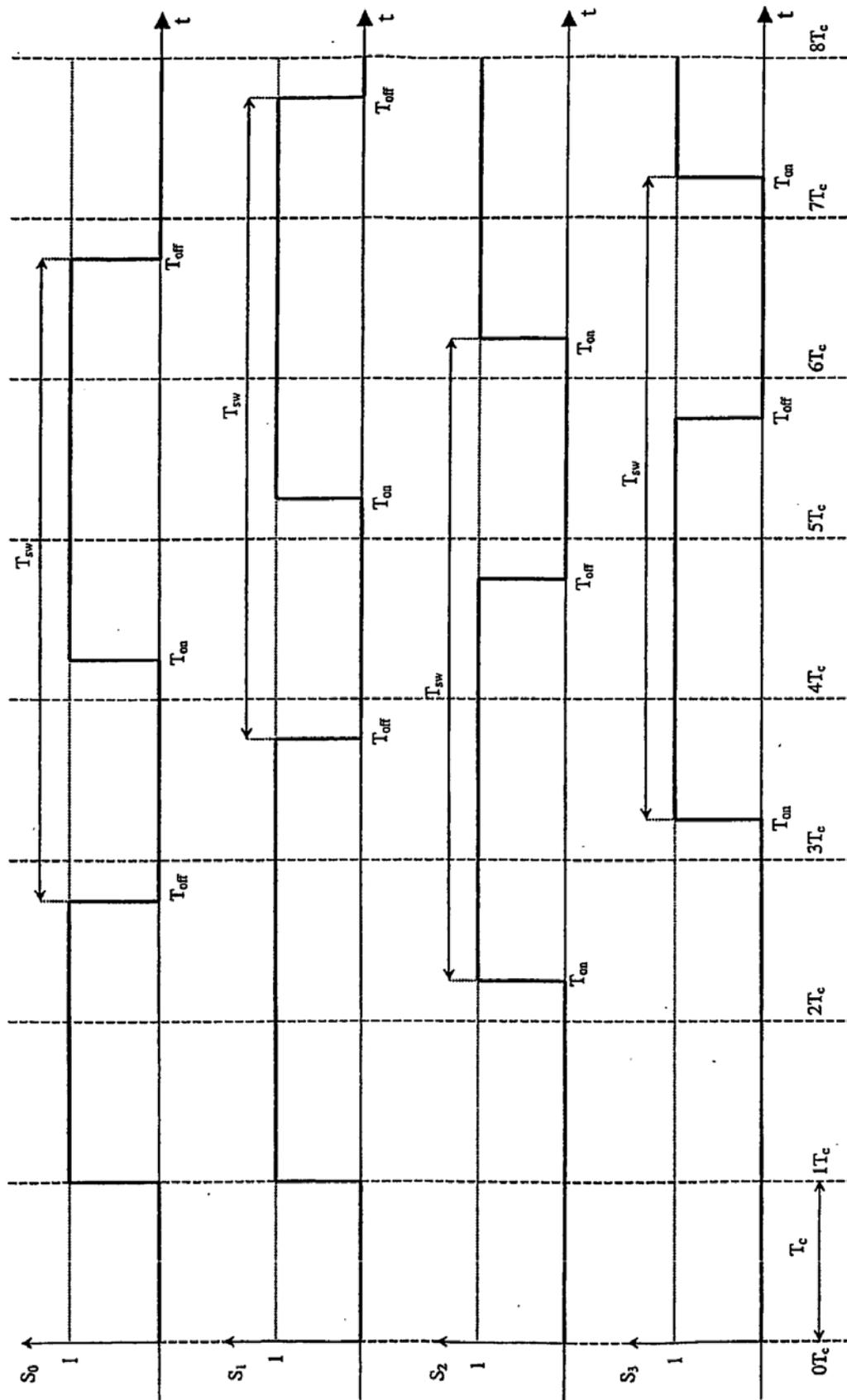


FIG. 5