



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 271 696**

51 Int. Cl.:
G06F 7/544 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03810550 .8**

86 Fecha de presentación : **07.10.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1586027**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.10.2005**

54 Título: **Superposición de ondas usando el algoritmo CORDIC.**

30 Prioridad: **04.11.2002 EP 02079604**

73 Titular/es: **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven, NL

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

72 Inventor/es: **Huisken, Josephus, A.**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

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

Superposición de ondas usando el algoritmo CORDIC.

5 La invención, tal como se define en la reivindicación 1, se refiere a un método para crear una señal electrónica compuesta mediante superposición de N ondas usando un CORDIC (Coordinate Rotation Digital Computer, ordenador digital de rotación de coordenadas).

10 La invención, tal como se define adicionalmente en las reivindicaciones 6, 7 y 9, se refiere a una disposición de circuitos que comprende un CORDIC, un producto de software que implementa un CORDIC y el uso de un CORDIC.

Antecedentes de la invención

15 Un CORDIC (ordenador digital de rotación de coordenadas), introducido por Jack Volder, "The CORDIC trigonometric computing technique" IRE Trans. Electrón. Comput., Vol. EC-8, n° 3, págs. 330-334, septiembre de 1959, es una técnica computacional para resolver relaciones implicadas en la rotación de coordenadas en el plano.

20 Al calcular la rotación de coordenadas, pueden generarse ondas senoidales y cosenoidales digitales. La figura 1 ilustra una disposición de circuito con un CORDIC 2 para la generación digital de una onda senoidal o cosenoidal armónica. El CORDIC 2 comprende entradas 4 para coordenadas X_{in} e Y_{in} de vectores cartesianos. La disposición de circuito comprende además la entrada 6 para recibir un valor PH de fase, y salidas 8 para proporcionar coordenadas X_{out} e Y_{out} de vectores cartesianos rotados. Las coordenadas X_{in} e Y_{in} representan un vector P con la magnitud de $(X_{in}^2 + Y_{in}^2)^{-1/2}$. El ángulo inicial mediante el que se rotará el vector de entrada se da por el valor PH_init de fase. Al aplicar un valor PH_init de fase a un CORDIC, el resultado puede ser una rotación adicional de un vector. Para generar una onda con una determinada frecuencia, el valor PH de fase puede acumularse mediante un valor ΔPH de desfase. Uno de los valores X_{in} , Y_{in} y PH pueden ponerse a cero, puesto que es redundante.

30 Para crear valores X_{out} e Y_{out} de salida que representan una onda senoidal o cosenoidal, la entrada PH de fase debe incrementarse con cada ciclo de reloj por el valor ΔPH de diferencia de fase. Este valor de diferencia de fase se alimenta a la disposición de circuito en la entrada 10. El valor PH de fase es la información digital de fase de las señales de salida senoidales y cosenoidales. El valor de fase se genera por un acumulador 12, que añade el valor ΔPH al valor PH de fase actual. El valor PH+ ΔPH de fase acumulado se almacena en el registro 14 para la siguiente etapa de cálculo. Para evitar errores de signo, los datos de fase deberían oscilar por encima 2π rad. Un valor PH_init de fase inicial se alimenta a la entrada 6 al inicio del cálculo de la rotación del vector representado por X_{in} , Y_{in} y PH_init. En cada etapa de cálculo el CORDIC calcula:

$$40 \quad \begin{bmatrix} X_{out} \\ Y_{out} \end{bmatrix} = C * e^{j * PH} * \begin{bmatrix} X_{in} \\ Y_{in} \end{bmatrix}$$

en la que C es constante, preferiblemente cercana a 1. En la etapa inicial el CORDIC calcula:

$$45 \quad \begin{bmatrix} X_{out} \\ Y_{out} \end{bmatrix} = C * e^{j * PH_{init}} * \begin{bmatrix} X_{in} \\ Y_{in} \end{bmatrix}$$

50 En la siguiente etapa el CORDIC calcula

$$55 \quad \begin{bmatrix} X_{out} \\ Y_{out} \end{bmatrix} = C * e^{j * (PH_{out} + \Delta PH)} * \begin{bmatrix} X_{in} \\ Y_{in} \end{bmatrix}$$

60 El valor ΔPH junto con el tiempo que tarda una etapa de cálculo determina la frecuencia de la onda senoidal o cosenoidal.

65 La figura 2 ilustra una forma 16 de onda senoidal, formada mediante la interpolación de valores 16a discretos. También se ilustra el valor 18 de fase correspondiente de esa onda 16 senoidal, tal como podría producirse por el CORDIC 2. En caso de que el valor ΔPH de diferencia de fase sea 1 en la representación de código complementaria del dos, con código de 12 bits, se necesitan 4096 muestras discretas de valores 16a para generar un periodo de onda senoidal. En este caso, la frecuencia de salida es 1/4096 de la frecuencia de reloj. Si ΔPH es 2048, sólo son necesarias dos muestras para un periodo completo.

Existe la necesidad de crear formas de onda compuestas por múltiples ondas, como con múltiples ondas senoidales y/o cosenoidales, con diferentes frecuencias y fases, es posible generar cualquier forma de onda posible mediante superposición. En particular, en codificadores/decodificadores de audio y/o voz, la generación de diferentes formas de onda es una tarea crítica para el rendimiento. Para generar estas formas de onda, pueden usarse muchos CORDIC, generado cada uno una onda senoidal diferente, que se superponen en la salida en una forma de onda compuesta.

Este planteamiento resulta muy costoso. El hardware necesario para formas de onda compuestas complejas es enorme.

El documento US 4.910.698 da a conocer un procesador CORDIC que crea una señal multi-tono con una pluralidad de frecuencias, fases y amplitudes. Los tonos sucesivos de la señal multi-tono se generan mediante multiplexación en tiempo de un único procesador CORDIC.

Invencción

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un método económico para la composición de formas de onda múltiples usando un CORDIC. Un objeto adicional de la invención es proporcionar un método que ahorre energía. Un objeto adicional más de la invención es reducir la zona de silicón en un chip. Otro objeto de la invención es proporcionar una implementación de software sencilla para la composición de formas de onda múltiples.

Estos objetos de la invención se resuelven mediante un método para crear una forma de onda compuesta mediante superposición de N ondas usando un ordenador digital de rotación de coordenadas (CORDIC, Coordinate Rotation Digital Computer), en el que dicho CORDIC calcula en N etapas de cálculo valores discretos de dichas N ondas, y en el que dicha salida de dichos valores discretos de dicho CORDIC se acumula con las salidas anteriores de valores discretos para formar un valor discreto compuesto de dicha forma de onda.

Una característica de la invención es usar un único CORDIC para generar diferentes formas de onda, en particular superponiendo ondas senoidales y cosenoidales. En lugar de proporcionar para cada onda un conjunto de valores X_{in} , Y_{in} , PH y ΔPH a un único CORDIC, respectivamente, estos conjuntos se proporcionan durante N etapas de cálculo a un CORDIC. Después de N etapas de cálculo se calculan valores discretos para N ondas diferentes. Durante cada etapa de cálculo, se proporciona un valor X_{en} , Y_{en} y PH al CORDIC para una única onda. X_{en} , Y_{en} y PH_init son redundantes, de modo que puede omitirse un valor. Se producen los valores X_{out} , Y_{out} discretos correspondientes. La salida se acumula con las salidas anteriores. Después de N etapas de cálculo, la salida acumulada representa un valor discreto para la forma de onda compuesta, que puede generarse interpolando todos los valores discretos. El número N de diferentes ondas para la composición de dicha forma de onda puede variar entre 2 y 100, aunque no se limita a este intervalo y puede ser mucho mayor, en particular en caso de que la frecuencia de reloj de los CORDIC aumente en el futuro.

Para proporcionar N diferentes X_{in} e Y_{in} y PH_init, pudiendo omitirse un valor debido a la redundancia, se propone un método según la reivindicación 2. PH_init puede ponerse a cero. La cola proporciona con cada etapa de cálculo un nuevo valor X_{in} e Y_{in} de entrada para la onda respectiva. Los valores en cola se alimentan de una forma "round-robin" (por turno circular) con un periodo de N a las entradas de dicho CORDIC. Por tanto, después de N etapas de cálculo, el primer valor se realimenta a la entrada del CORDIC, ENCASO de diferencias de fase, un primer valor acumulado.

Para proporcionar valores de fase de cada onda al CORDIC, se propone un método según la reivindicación 3. Esta cola proporciona, durante las primeras N etapas de cálculo, N valores de fase para iniciar el CORDIC para la onda respectiva.

Un método según la reivindicación 4 proporciona la rotación de cada vector de entrada. Después de que un valor de fase se haya alimentado al CORDIC, este valor se incrementa por ΔPH y se realimenta a la entrada de la cola. Después de N etapas de cálculo, se alimenta al CORDIC una información PH+ ΔPH de fase incrementada, de tal forma que el vector de entrada puede rotarse por un ángulo incrementado por ΔPH . El valor ΔPH de diferencia de fase puede diferir para cada uno de los N vectores entre cualquier valor negativo y cualquier valor positivo, preferiblemente en el intervalo de $-\pi \text{ rad} < \Delta PH < \pi \text{ rad}$.

Según un método según la reivindicación 5, en MxN etapas de cálculo se calcula un periodo completo de forma de onda compuesta con M valores discretos. Estos M valores discretos de la forma de onda compuesta están compuestos cada uno por N valores discretos de N ondas diferentes calculadas por dicho CORDIC.

Un aspecto adicional de la invención es una disposición de circuito, en particular con un método anteriormente descrito, que comprende un CORDIC con una entrada de amplitud, una entrada de fase y una salida, estando acoplada una primera cola de N valores de amplitud a dicha entrada de amplitud, estando acoplada una segunda cola de N valores de fase a dicha entrada de fase, estando acoplada una tercera cola de N valores de frecuencia junto con la salida de dicha segunda cola a un sumador, y estando acoplada la salida de dicho sumador a la entrada de dicha segunda cola. Las colas pueden ser registros de desplazamientos o dispositivos de memoria que llevan cada uno N valores y que proporcionan con cada etapa de cálculo un nuevo valor al CORDIC. Estas colas pueden realimentarse, de manera que su salida se vuelve a alimentar a su entrada de una forma "round-robin" (por turno circular).

ES 2 271 696 T3

Se prefiere un circuito de realimentación según la reivindicación 7, ya que este circuito permite la acumulación de N valores discretos de N ondas diferentes para generar un valor discreto de una onda compuesta.

5 Un aspecto adicional de la invención es un software para implementar un método anteriormente descrito. Se prefiere además que los valores discretos se calculen basándose en la aritmética de enteros. La implementación de software permite, por ejemplo, la codificación/decodificación de voz y audio, tal como la codificación/decodificación de MPEG, dentro de un microordenador.

10 El uso de un método anteriormente descrito, una disposición de circuitos anteriormente descrita o un software anteriormente descrito para la composición de ondas senoidal/cosenoidal, la codificación/decodificación sinusoidal, los codificadores/decodificadores de audio y/o video paramétricos, y/o dispositivos de comunicación móvil es un aspecto adicional de la invención. En la codificación sinusoidal en decodificadores de audio paramétricos, podría resultar útil calcular en 50 etapas de cálculo, 50 ondas diferentes para componer una forma de onda compuesta.

15 Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a las figuras. En las figuras muestra:

la figura 1, un CORDIC de la técnica anterior;

20 la figura 2, una forma de onda senoidal;

la figura 3, un CORDIC según la invención.

25 La figura 3 ilustra una disposición de circuito con un CORDIC 2 según la invención. Adicionalmente a la figura 1, la figura 3 ilustra una primera cola 4c para valores X_{in} e Y_{in} de entrada, una segunda cola 14a para valores PH de fase y una tercera cola 10 para señales ΔPH de diferencia de fase. El valor PH_init puede ponerse a cero. En el caso de que PH_init sea diferente a cero puede haber una cola adicional para este valor. Se ilustran adicionalmente acumuladores 8a y 8e y el registro 8c. La disposición de circuito funciona como sigue:

30 cada cola 4c, 10a, 14a tiene, por ejemplo, 50 ranuras. Dentro de cada cola 4c cada ranura mantiene un valor X_{in} inicial para un vector que representa la amplitud de una onda senoidal. De esta manera pueden proporcionarse 50 amplitudes diferentes de ondas senoidales. La cola 14a comprende 50 valores PH de fase para las 50 ondas senoidales respectivas, y la cola 10a mantiene 50 valores ΔPH de diferencia de fase para determinar el desplazamiento de fase de cada uno de los 50 vectores durante una etapa de cálculo para este valor. Este valor ΔPH de diferencia de fase
35 también determina la frecuencia de las ondas senoidales respectivas.

El vector de entrada para cada onda senoidal se rota mediante el valor PH y se produce un vector de salida en coordenadas X_{out} e Y_{out} cartesianas. Esto se realiza para cada uno de dichos 50 valores de entrada. Los vectores de salida se acumulan en acumuladores 18d, y 18e. Tras 50 etapas de cálculo, el vector de salida acumulado representa
40 un valor discreto de una forma de onda compuesta.

Con cada etapa de cálculo, el valor PH de fase se incrementa mediante ΔPH para cada onda, respectivamente. El nuevo valor $PH + \Delta PH$ de fase se alimenta a la entrada de la cola 14a. Tras 50 etapas de cálculo, el nuevo valor $PH + \Delta PH$ de fase se alimenta al CORDIC 2. Mediante esto, el vector de entrada se rota mediante un ángulo incrementado. Tras
45 $M \times N$ etapas de cálculo, cada valor de fase es $PH + M \times \Delta PH$. M se determina de tal manera que la forma de onda compuesta es de al menos un periodo de longitud. Tras $M \times N$ etapas de cálculo puede calcularse el siguiente periodo de forma de onda compuesta.

Al acumular los valores de salida discretos, todas las ondas senoidales se superponen para formar la forma de
50 onda compuesta. Cada valor discreto de la forma de onda compuesta se calcula en N etapas de cálculo. Por tanto, el siguiente valor discreto se calcula hasta que se calcula un periodo de tiempo completo de la forma de onda senoidal.

Al emplear un único CORDIC, el cálculo de las formas de onda compuestas es muy económico, se ahorra energía y puede aplicarse a una pluralidad de decodificadores de audio y de voz, tales como la codificación paramétrica
55 (sinusoidal) MPG4.

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método para crear una señal electrónica compuesta mediante la superposición de N ondas usando un CORDIC (Coordinate Rotation Digital Computer, ordenador digital de rotación de coordenadas), en el que dicho CORDIC calcula en N etapas de cálculo valores discretos de dichas N ondas, **caracterizado** porque dichos vectores de salida de dichos valores discretos de dicho CORDIC se acumulan con vectores de salida previos de valores discretos para formar un valor discreto compuesto de dicha señal electrónica.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque con cada una de dichas N etapas de cálculo una salida de una primera cola de N valores de amplitud de dichas N ondas se alimenta a una entrada de amplitud de dicho CORDIC.

3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque con cada una de dichas N etapas de cálculo una salida de una segunda cola de N valores de fase de dichas N ondas se alimenta a una entrada de fase de dicho CORDIC.

4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque con cada una de dichas N etapas de cálculo una salida de una tercera cola de N valores de diferencia de fase de dichas N ondas se acumula en la salida de dicha segunda cola de N valores de fase y el resultado acumulado se realimenta a una entrada de dicha tercera cola de valores de fase, de tal manera que después de N etapas de cálculo dicha tercera cola comprende N valores de fase acumulados con valores de diferencia de fase.

5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en MxN etapas de cálculo se calculan M valores discretos de dicha forma de onda proporcionando al menos un periodo completo de dicha forma de onda.

6. Disposición de circuito para crear una señal electrónica compuesta mediante la superposición de N ondas, que comprende un CORDIC con una entrada de amplitud, una entrada y una salida de fase, en la que una primera cola de N valores de amplitud se acopla a dicha entrada de amplitud, una segunda cola de N valores de fase se acopla a dicha entrada de fase, una tercera cola de N valores de frecuencia junto con la salida de dicha segunda cola está acoplada a un sumador, estando la salida de dicho sumador acoplada a la entrada de dicha segunda cola, **caracterizada** por un circuito de realimentación acoplado a dichas salidas de dicho CORDIC, proporcionando dicho circuito de realimentación la acumulación de N vectores de salida de dicho CORDIC para generar un valor discreto compuesto de dicha señal electrónica.

7. Software que implementa un método según la reivindicación 1.

8. Software según la reivindicación 7, **caracterizado** porque dichos valores discretos se calculan basándose en una aritmética de enteros.

9. Uso de un método según la reivindicación 1, una disposición de circuito según la reivindicación 6 o un software según la reivindicación 7, para la composición de ondas senoidales, codificación/decodificación sinusoidal, codificadores/decodificadores de audio y/o vídeo paramétricos, y/o dispositivos de comunicación móviles.

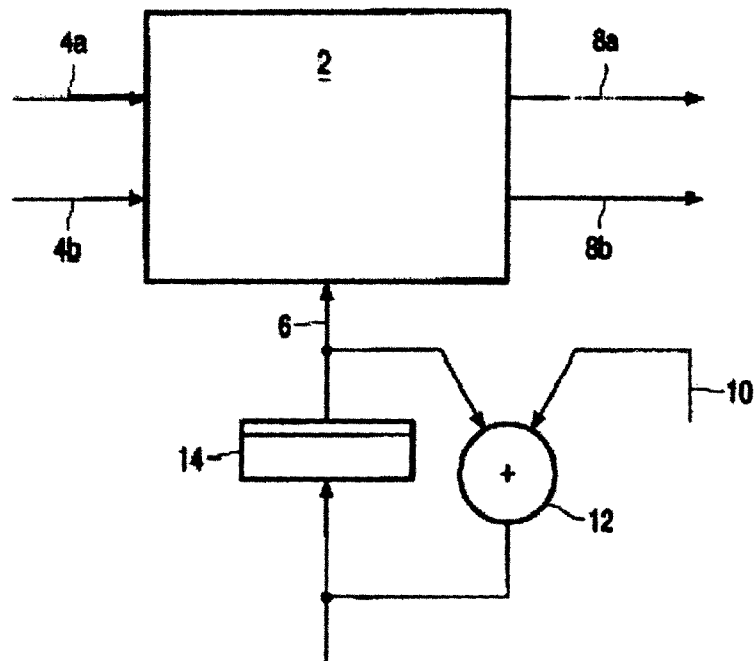


FIG. 1

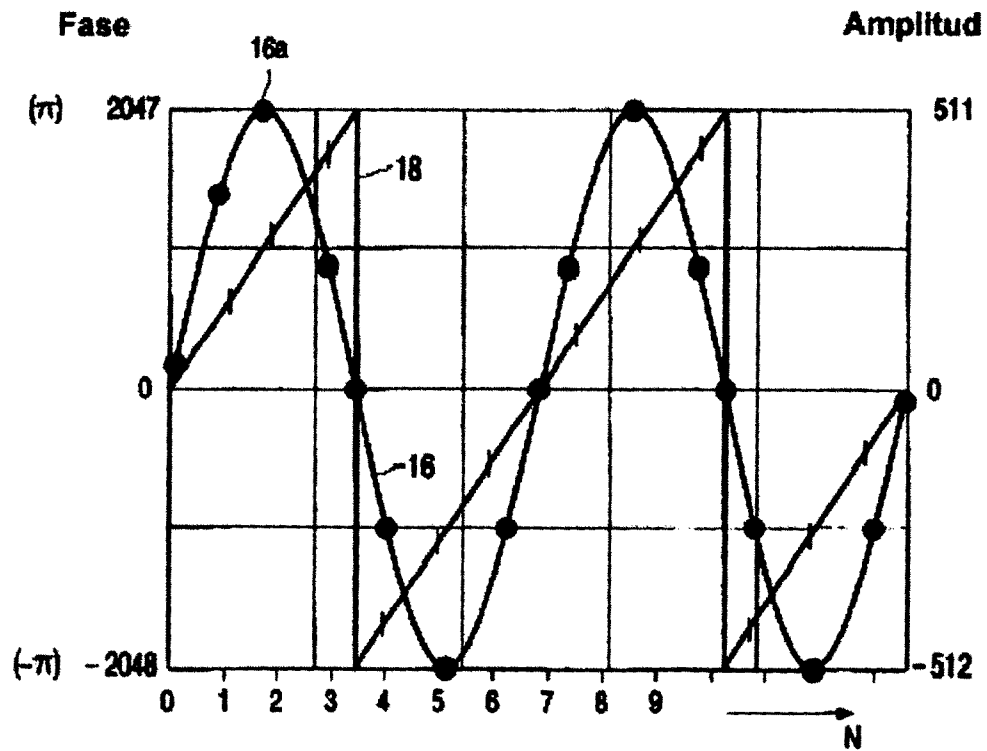


FIG. 2

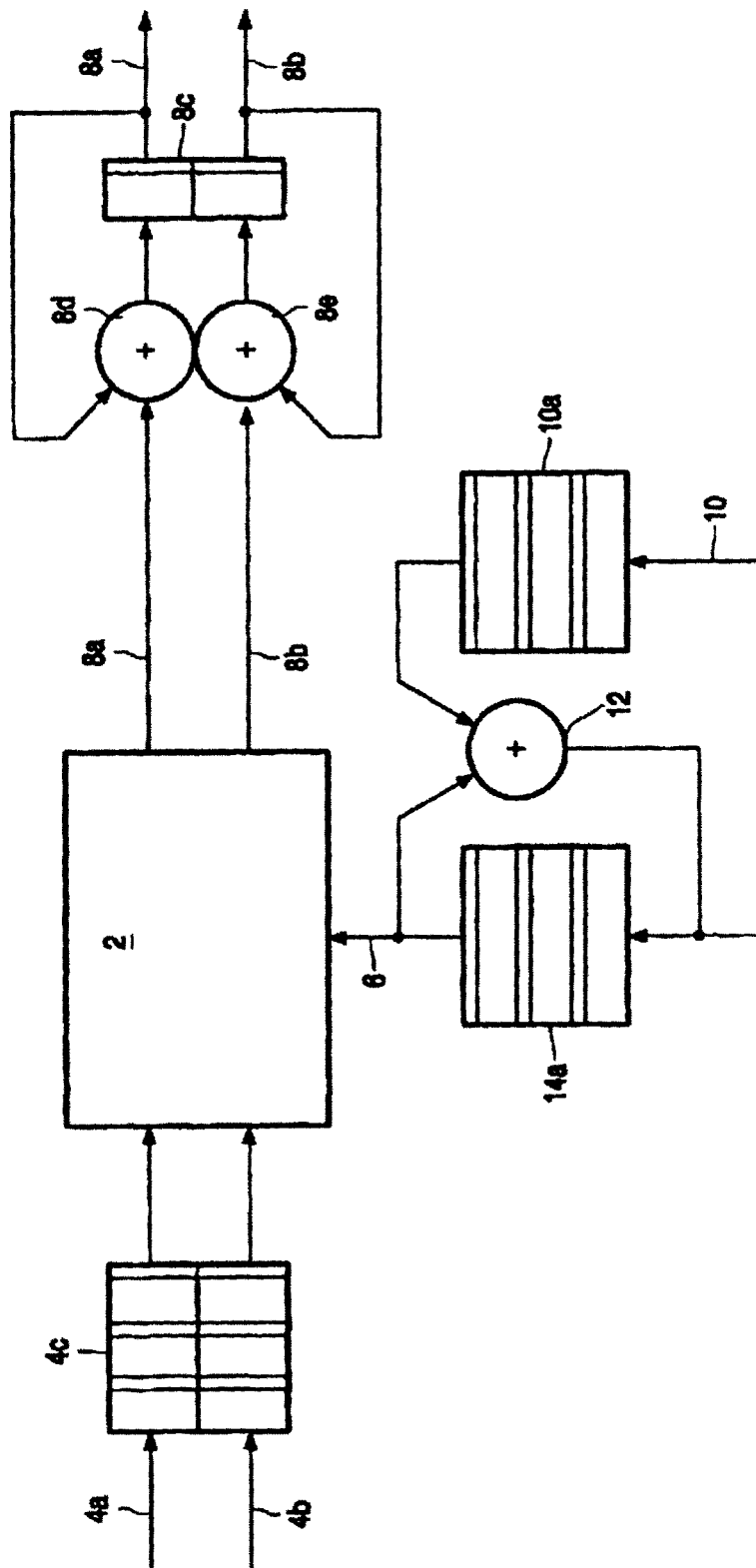


FIG. 3