

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 205**

51 Int. Cl.:

G06F 9/302 (2006.01)

G06F 7/491 (2006.01)

G06F 7/499 (2006.01)

G06F 9/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2010 PCT/EP2010/067054**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2011 WO11147483**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2010 E 10775821 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2430522**

54 Título: **Detección de excepción cuántica decimal de coma flotante**

30 Prioridad:

28.05.2010 US 789765

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2017

73 Titular/es:

**INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION (100.0%)
New Orchard Road
Armonk, New York 10504, US**

72 Inventor/es:

**SCHWARZ, ERIC MARK;
YEH, PHIL;
COWLISHAW, MICHAEL FREDERIC y
MUELLER, SILVIA MELITTA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 637 205 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

Detección de excepción cuántica decimal de coma flotante

Campo técnico

5 La presente invención se refiere, en general, a procesadores aritméticos electrónicos y más particularmente, a la detección de condiciones particulares de cálculo aritmético.

Antecedentes

10 Los números decimales de coma flotante y los números de coma flotante de otras bases, como los definidos por el Estándar de Coma Flotante del IEEE 754-2008, son útiles para realizar ciertos tipos de procesamiento de datos. Se han creado diseños de procesador basados en el estándar del IEEE 754-2008 para soportar directamente el procesamiento definido por ese estándar. Los formatos de hardware de ejemplo para los procesadores del IEEE 754-2008 incluyen formatos de datos decimales de coma flotante que tienen 32, 64, y 128 bits de longitud con coeficientes definidos de 7, 16, y 34 dígitos con un rango de exponentes especificado. Los entornos de procesamiento de software, como los lenguajes de programación, incluyendo Java, que soportan números decimales de coma flotante, a veces utilizan coeficientes de longitud diferentes, que se denominan "precisión", con diferentes rangos de exponentes que los utilizados por el hardware sobre el que se ejecutan los entornos.

15 Los números decimales de coma flotante mantienen más que justo el valor del número, también contienen información que representa la escala del número. Por ejemplo, añadir números que representan dinero en centavos generalmente producirá una suma que también está representada en centavos. Algunos entornos de software emulan la precisión y el rango del número decimal de coma flotante ya que algunas operaciones decimales de coma flotante producen resultados que exceden la precisión y el rango del hardware de procesamiento disponible. Tal condición puede conducir inadvertidamente a resultados imprecisos. Las excepciones existentes, como las excepciones de inexactitud, de desbordamiento y de sub-desbordamiento, se producen cuando se ha excedido la precisión o el rango, pero estas excepciones no logran detectar con precisión todos los cambios inesperados en la precisión o el resultado de una operación.

25 Un ejemplo de un error potencial no detectado es una operación decimal de coma flotante de añadir dos cantidades monetarias de siete (7) dígitos representadas en centavos. Cada uno de estos elementos de datos de origen sería una cantidad en el rango de los 10.000 \$. Sumar estas dos cantidades es capaz de conducir a un resultado exacto en el rango de los 100.000 \$. Sin embargo, representar el resultado como centavos en el rango de los 100.000 \$ con siete dígitos requiere que el exponente no sea el exponente preferido, lo que indicaría centavos, y la precisión del valor del resultado se reducirá correspondientemente. Realizar el mismo cálculo con más precisión conduciría a un exponente que indica centavos (10^{-2}) como la escala del resultado. Las excepciones existentes no detectarían esta pérdida de escala en el resultado producido.

30 Algunas implementaciones de hardware proporcionan un método aproximado de detección del caso descrito anteriormente. En un ejemplo, los datos se comprueban para determinar si el dígito más significativo es distinto de cero. Tal comprobación es una indicación más de que el resultado puede no tener el exponente preferido debido a que algunos resultados precisos darían como resultado una indicación de "falso positivo". Este enfoque reduce efectivamente la precisión útil para la emulación por un dígito ya que el dígito más significativo es utilizado como un indicador de pérdida potencial de escala.

35 Por lo tanto, las precisiones de cálculo se limitan al no detectar los cambios inesperados en la escala o la precisión de los resultados decimales de coma flotante producidos por las limitaciones de formato del procesador.

40 La Publicación de Patente de EE.UU. Número 2008/0270508 para la "Detección de la necesidad potencial de utilizar un formato de datos mayor en la realización de operaciones de coma flotante" presentado el 27 de abril de 2007, enseña la detección de si es seguro un resultado de una operación de coma flotante. Las características del resultado se examinan para determinar si el resultado es seguro o potencialmente inseguro, según lo definido por el usuario. Se proporciona una instrucción para facilitar la detección de resultados seguros o potencialmente inseguros.

45 La patente de EE.UU. Número 5.892.697 para un "Método y aparato para manejar el desbordamiento y el sub-desbordamiento en el procesamiento de números de coma flotante" presentado el 19 de diciembre de 1995, enseña un método para procesar números de coma flotante, teniendo al menos cada número de coma flotante la parte de signo, una parte de exponente y una parte de mantisa, que comprende los pasos de convertir una representación del registro de memoria del número de coma flotante a una representación del registro de coma flotante; redondear el número convertido de coma flotante; realizar un cálculo aritmético sobre dicho número redondeado que resulta en un nuevo valor de coma flotante; y convertir el nuevo valor resultante del registro de coma flotante a una representación del registro de memoria de coma flotante. Un aparato para procesar números de coma flotante comprende los medios para convertir un valor de coma flotante de un registro de memoria de acceso aleatorio a un registro unitario de coma flotante; los medios para seleccionar el tipo de precisión requerida del valor convertido; los medios para seleccionar el tipo de redondeo requerido del valor convertido de coma flotante; los medios para realizar una

operación aritmética sobre al menos un valor convertido de coma flotante basado en dichas precisión y redondeo seleccionados; los medios para cortar el resultado de la operación aritmética para ajustar una parte de la mantisa de un valor de coma flotante; y los medios para convertir el valor de coma flotante resultante de la representación del registro de coma flotante a la representación de memoria de acceso aleatorio.

- 5 La Publicación de Patente de EE.UU. Número 20040268324 para el "Método y aparato para la emulación de instrucciones de coma flotante de alta precisión" presentado el 2 de diciembre de 2003, enseña un emulador de coma flotante de alta precisión y el método asociado para emular el código del programa objeto en una máquina de destino donde los operandos base de la máquina objeto poseen una precisión diferente de la máquina de destino. El emulador de coma flotante de alta precisión se proporciona para la emulación de las instrucciones de código del programa objeto que tienen una precisión mayor que la soportada por la arquitectura de la máquina de destino utilizando cálculos intermedios que tienen valores con una precisión mayor que la soportada por la máquina de destino.

Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de abordar el problema mencionado anteriormente.

Compendio

- 15 En una realización preferida, un método para detectar excepciones de procesamiento incluye un procesador que acepta al menos un operando decimal de coma flotante y que realiza una operación decimal de coma flotante en al menos un operando decimal de coma flotante para producir un resultado decimal de coma flotante. Se realiza una determinación de si el resultado decimal de coma flotante no logra mantener una cuantía preferida. La cuantía preferida indica un valor definido representado por un dígito menos significativo de un significando del resultado decimal de coma flotante. En respuesta a la determinación de que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, se proporciona una salida que indica una aparición de una excepción cuántica.

- 20 En otra realización preferida, un sistema para detectar excepciones de procesamiento incluye una memoria y un procesador acoplado comunicativamente a la memoria. El procesador incluye un procesador de instrucciones. El procesador de instrucciones acepta al menos un operando decimal de coma flotante y realiza una operación decimal de coma flotante en al menos un operando decimal de coma flotante para producir un resultado decimal de coma flotante. El procesador también incluye un detector de excepciones cuánticas. El detector de excepciones cuánticas determina, en respuesta al procesador de instrucciones que realiza la operación decimal de coma flotante, que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener una cuantía preferida. Indicando la cuantía preferida un valor definido representado por un dígito menos significativo de un significando del resultado decimal de coma flotante. El procesador incluye además una unidad de respuesta de la excepción cuántica. La unidad de respuesta de la excepción cuántica proporciona, en respuesta al detector de excepciones cuánticas que determina que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, una salida que indica una excepción cuántica. Ocurriendo la excepción cuántica en respuesta al resultado decimal de coma flotante que no logra mantener la cuantía preferida.

- 30 En otra realización preferida, un producto del programa informático para detectar excepciones de procesamiento incluye un medio de almacenamiento legible por un circuito de procesamiento y que almacena las instrucciones para su ejecución por el circuito de procesamiento para realizar un método. El método incluye aceptar al menos un operando decimal de coma flotante y realizar una operación decimal de coma flotante en al menos un operando decimal de coma flotante para producir un resultado decimal de coma flotante. Se realiza una determinación de si el resultado decimal de coma flotante no logra mantener una cuantía preferida. La cuantía preferida indica un valor definido representado por un dígito menos significativo de un significando del resultado decimal de coma flotante. En respuesta a la determinación de que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, se proporciona una salida que indica una aparición de una excepción cuántica.

- 35 Visto desde un aspecto adicional, la presente invención proporciona un programa informático almacenado en un medio informático legible y que se puede cargar en la memoria interna de un ordenador digital, que comprende partes de código de software, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador, para realizar los pasos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 40 La presente invención se describirá ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a las realizaciones preferidas, como se ilustra en las siguientes figuras:

La FIG. 1 ilustra un procesador informático, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

La FIG. 2 ilustra una ejecución de la operación decimal de coma flotante, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención; y

- 45 La FIG. 3 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de procesamiento de información según una realización preferida de la presente invención.

Descripción detallada

- 5 Como se requiere, se describen aquí las realizaciones preferidas detalladas de la presente invención; sin embargo, debe entenderse que las realizaciones preferidas descritas son simplemente ejemplos de la invención, que se puede incorporar en diversas formas. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos descritos aquí no deben interpretarse como limitantes, sino simplemente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica a emplear de diversas formas la presente invención en prácticamente cualquier estructura y función debidamente detallada. Además, los términos y frases utilizados aquí no pretenden ser limitantes, sino más bien, proporcionar una descripción comprensible de la invención.
- 10 Los términos “un” o “una”, como se utilizan aquí, se definen como uno o más de uno. El término pluralidad, como se utiliza aquí, se define como dos o más de dos. El término otro, como se utiliza aquí, se define como al menos un segundo o más. Los términos que incluyen y/o que tienen, como se utilizan aquí, se definen como que comprenden (es decir, lenguaje abierto). El término acoplado, como se utiliza aquí, se define como conectado, aunque no necesariamente directamente, y no necesariamente mecánicamente.
- 15 El sistema y los métodos descritos a continuación incluyen un procesador decimal de coma flotante que es capaz de generar una excepción, referida aquí como una “excepción cuántica”, cuando un resultado de una operación decimal de coma flotante no representa la cuantía preferida, como el exponente preferido según lo definido por el estándar del IEEE 754-2008. Esto es especialmente útil para el software, o lenguajes de programación, que soporta un formato decimal que tiene una precisión o rango mayor que el hardware sobre el que se ejecuta, porque permite la detección del procesamiento que excede el formato del hardware.
- 20 En el contexto del presente debate, la “cuantía” se refiere a las “unidades” del dígito menos significativo de una representación de coma flotante. Las excepciones de coma flotante definidas previamente detectan algunas imprecisiones del procesamiento, pero no detectan completamente el caso de un resultado de una operación decimal de coma flotante que tiene una representación de su escala o exponente que no es el exponente preferido. En otras palabras, las excepciones de coma flotante existentes no indican completamente el caso de un resultado de la operación decimal de coma flotante que no tiene el exponente que habría sido creado si hubiera mayor precisión
- 25 en el procesador para representar el coeficiente. El estándar del IEEE 754-2008 define el valor de una cuantía preferida, pero no define una excepción por no lograr ese valor preferido en el resultado de las operaciones decimales de coma flotante. La excepción cuántica de los métodos y sistemas descritos a continuación se define para tener un control similar al de otras excepciones del IEEE. La excepción cuántica también tiene una máscara, un indicador, y un código de excepción asociados. Esto permite que los lenguajes de programación con diferentes precisiones y rangos sean fácilmente emulados en los formatos estandarizados y proporcionar la precisión y el rango completos de los formatos mientras que detecta los cambios inesperados del exponente.
- 30 El evento de excepción cuántica de una realización preferida se produce cuando una operación decimal de coma flotante produce un resultado que es redondeado o restringido. Aunque algunas implementaciones de Java incluyen eventos separados llamados Redondeados y Restringidos, la excepción cuántica de una realización preferida indica esencialmente que se ha excedido la precisión o el rango del resultado. El mecanismo de notificación de la excepción cuántica en una realización preferida es controlable y tiene un bit de máscara para controlar la acción resultante de la afirmación de la excepción. En una realización preferida, se dedica un bit de máscara en una palabra de Control de Coma Flotante (FPC) del procesador para enmascarar la excepción cuántica desde la captura hasta el controlador de excepciones del programa. Cuando el bit de máscara es uno y se produce una excepción cuántica, se escribe el resultado de la operación decimal de coma flotante que causa la excepción en los Registros de Coma Flotante (FPRs) y se escribe un código que identifica el tipo de excepción en la palabra de Control de Coma Flotante (FPC) y se retiene la ejecución del programa en el controlador de interrupciones del programa. Cuando no se establece el bit de máscara, se establece el indicador de excepción cuántica, que es un indicador pegajoso, y no hay retención.
- 35 Las realizaciones preferidas de la presente invención operan con números decimales de coma flotante. Un número decimal de coma flotante, según lo definido por varios estándares, incluyendo el del IEEE-754-2008, tiene tres componentes: un bit de signo, un exponente, y un significando. La magnitud del número, que es un valor sin signo, es el producto del significando y la base elevada a la potencia del exponente. En un número decimal de coma flotante, la base es diez (10). El signo del número es positivo o negativo dependiendo de si el bit de signo es cero o uno, respectivamente.
- 40 El significando tiene un punto de base implícito, y su posición depende de que interpretación, o vista, del dato de coma flotante se esté aplicando. Las realizaciones preferidas de la presente invención representan los números decimales de coma flotante con una vista de unidades a la derecha, donde el dígito más a la derecha del significando es el dígito de las unidades y el punto de base está implícito para estar inmediatamente a la derecha de todo el significando.
- 45 La FIG. 1 ilustra un procesador informático 100, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. El procesador informático 100 incluye un procesador de instrucciones que incluye una unidad decimal 110 de coma flotante, los registros 108 de coma flotante y el controlador 124 de programa. La unidad decimal 110 de coma

- flotante recibe las instrucciones decimales de coma flotante de un controlador 124 de programa, que recibe las instrucciones del programa almacenadas en una memoria 152 de programa. Las instrucciones decimales de coma flotante enviadas a la unidad decimal 110 de coma flotante incluyen, por ejemplo, instrucciones que especifican la conversión de datos y/o los cálculos decimales de coma flotante a realizar en uno o más números decimales de coma flotante. La unidad decimal 110 de coma flotante acepta operandos decimales de coma flotante leyendo datos decimales de coma flotante de uno o más registros de origen dentro de los registros 108 de coma flotante, realiza una operación decimal específica de coma flotante, y almacena el resultado en un registro de destino dentro de los registros de coma flotante. Los datos se intercambian generalmente entre los registros 108 de coma flotante y una memoria 150 de datos.
- La unidad decimal de coma flotante de una realización preferida realiza operaciones sobre números decimales de coma flotante según estándares aplicables de procesamiento de coma flotante, como el Estándar de Coma Flotante del IEEE-754-2008. Los valores de cuantía de los operandos de origen que son las entradas a una operación decimal de coma flotante son generalmente una base para definir una cuantía preferida según lo definido por el estándar relevante para la salida de esa operación. Debido a la precisión disponible en la unidad decimal 110 de coma flotante, los valores de los operandos de origen pueden producir un resultado que tiene una cuantía que es diferente de la cuantía preferida. La cuantía del resultado puede cambiar de la cuantía preferida debido, por ejemplo, a la precisión limitada del hardware de la unidad decimal 110 de coma flotante que provoca el redondeo de los resultados intermedios o finales de la operación especificada. Las diferencias entre la precisión del hardware de cálculo y la precisión de las arquitecturas de software que incorporan la aritmética decimal de coma flotante se detectan por esta pérdida del mecanismo de detección de cuantía que permite al software detectar cuando existe una necesidad de cambiar de la precisión del hardware a la mayor precisión de emulación, que proporciona una implementación optimizada del rendimiento.
- La unidad decimal 110 de coma flotante de una realización preferida incluye un detector 112 de excepciones cuánticas. El detector 112 de excepciones cuánticas detecta la aparición de un resultado producido por una operación decimal de coma flotante que tiene una cuantía que es diferente de la cuantía preferida, donde la cuantía preferida es un valor definido que se determina, por ejemplo, basado en los valores y/o la cuantía de los operandos de origen. Las diferencias entre la cuantía preferida y la cuantía del resultado de una operación particular pueden ser causadas, por ejemplo, por una condición de desbordamiento o de sub-desbordamiento del hardware causada por los valores actuales de los operandos de origen.
- El detector 112 de excepciones cuánticas de una realización preferida afirma una "excepción cuántica" para indicar que un resultado producido por la unidad decimal 110 de coma flotante tiene un valor de cuantía, o de exponente, que es diferente del valor de cuantía preferido. La afirmación y el procesamiento de la excepción cuántica de una realización preferida son similares a otras excepciones de procesamiento de coma flotante. La afirmación de la excepción cuántica en una realización preferida se refleja en los indicadores 122 de excepción cuántica, que son mantenidos por la unidad 110 de coma flotante de una realización preferida y que pueden asignarse de manera cambiante a un código de excepción para identificar la excepción decimal de coma flotante que se afirma, como la excepción cuántica.
- Una realización preferida de la presente invención soporta el control de la acción tomada en respuesta a una afirmación de una excepción cuántica por el detector 112 de excepciones cuánticas. Una realización preferida de la presente invención mantiene un registro 106 de control de excepciones que incluye una o más máscaras de control de excepciones que se asignan de manera cambiante a un estado establecido o no establecido. En una realización preferida de la presente invención, el procesador incluye una palabra de Control de Coma Flotante (FPC) como un ejemplo del registro 106 de control de excepciones.
- El registro 106 de control de excepciones permite, por ejemplo, establecer máscaras para controlar las respuestas a varias excepciones de coma flotante, como las excepciones definidas por el estándar del IEEE 754-2008. Además de permitir la definición de máscaras para las excepciones definidas por varios estándares, una realización preferida de la presente invención incluye un bit de máscara adicional para controlar el procesamiento que ocurre en respuesta a una afirmación de la excepción cuántica descrita anteriormente. En una realización preferida, si se produce una excepción cuántica cuando el bit de máscara de excepción cuántica asignado a un estado establecido, el resultado aritmético producido por la unidad decimal de coma flotante, que tiene una cuantía diferente de la cuantía preferida, se escribe en el registro 120 de resultados en los registros 108 de coma flotante, y el controlador 124 de programa está señalizado para retener la ejecución del programa en el controlador de interrupciones del programa. Si la excepción cuántica se produce cuando se asigna el bit de máscara de excepción cuántica a un estado no establecido, se establece un indicador 122 de excepción cuántica como un indicador pegajoso y la ejecución del programa continúa sin una retención en el controlador de interrupciones del programa. El indicador 122 de excepción cuántica "indicador pegajoso" en una realización preferida permanece establecido durante el procesamiento de las instrucciones posteriores para permitir la detección diferida de, y el procesamiento resultante en respuesta a, la excepción cuántica después de la ejecución de esa secuencia de instrucciones que sigue a la aparición de la excepción cuántica.

- Una realización preferida de la presente invención proporciona un campo de control adicional en algunas instrucciones de código de máquina para controlar adicionalmente la detección, y la acción tomada en respuesta a ella, de las excepciones cuánticas. En un ejemplo, algunas instrucciones de lenguaje de máquina, como la instrucción decimal de lenguaje de máquina de coma flotante, incluyen un bit (XqC bit) de control de la excepción cuántica, o un campo de control de la excepción cuántica, en el texto de la instrucción de lenguaje de máquina para habilitar la detección de excepciones cuánticas individualmente para esas instrucciones. Ejemplos de tales instrucciones incluyen, por ejemplo, una instrucción de Conversión de Enteros, una instrucción de División, una instrucción de Carga de FP de Enteros, una instrucción de Carga de Redondeo, una instrucción de Multiplicación, una instrucción de Cuantización, una instrucción de Re-Redondeo, una instrucción de Resta, y similares.
- Incluir un bit o campo de control de la excepción cuántica en las instrucciones individuales permite el uso de la misma instrucción de diferentes maneras para detectar o no detectar excepciones cuánticas y proporciona flexibilidad en la detección de excepciones de resultados inexactos. La flexibilidad en la detección de excepciones de resultados inexactos permite realizar un procesamiento diferente cuando se espera que una operación aritmética produzca un resultado con, por ejemplo, conversión implícita o conversión explícita entre tipos de datos o cuando una operación aritmética dé como resultado, por ejemplo, operaciones de suelo y de techo según lo definido por varios lenguajes de programación de software. Un ejemplo de un entorno donde pueden producirse conversiones implícitas inesperadas es un caso donde las implementaciones decimales de coma flotante de software se emulan con mayor precisión que el hardware sobre el que se ejecuta el software. En ese caso, el entorno de software, basado en su mayor precisión, determina que el cálculo especificado es capaz de mantener la cuantía preferida. Sin embargo, el hardware, que tiene menos precisión, debe redondear el resultado y se encuentra inesperadamente una condición de inexactitud. Sin embargo, el resultado de "inexactitud" de las conversiones explícitas, por ejemplo, cortar los bits, no debe resultar en la alteración de la ejecución del programa. En un caso de una conversión implícita entre tipos de datos de la que el programador no sería consciente, entonces la inexactitud debe detectarse y la ejecución del programa debe alterarse para ese caso. Ya que la inexactitud es un componente de una pérdida de cuantía, se proporciona un control adicional en una realización preferida para controlar la detección de excepciones cuánticas, y el procesamiento responde a la aparición de esas excepciones cuánticas, en una base de instrucciones.
- En una realización preferida, el campo de control de las instrucciones decimales de coma flotante seleccionadas que se utiliza para controlar otras excepciones se amplía para codificar también un campo de control de excepciones cuánticas que incluye los bits de control de la excepción cuántica (por ejemplo, los bits XqC). En un ejemplo, los bits de control de la excepción cuántica (bits XqC) se codifican en un campo de Control del Modo de Redondeo (RMC) de las instrucciones decimales de coma flotante seleccionadas. El campo de RMC de un ejemplo es un campo de cuatro (4) bits donde los valores de 0 y 8 hasta 15 habían sido definidos previamente para controlar las excepciones asociadas con determinados modos de redondeo explícitos. En este ejemplo, el campo de control de la excepción cuántica de una realización preferida se asigna a valores del campo de RMC de 1 hasta 7. Los valores del campo de RMC de 1 hasta 7 permiten excepciones cuánticas y seleccionan modos de redondeo específicos para estos valores. Establecer el campo de RMC de estas instrucciones seleccionadas a valores de 0 u 8 hasta 15 no resulta en la detección de excepciones cuánticas cuando se ejecutan esas instrucciones. Los valores del campo de RMC iguales a un valor de 1 hasta 7, sin embargo, resultan en la detección de excepciones cuánticas y la alteración correspondiente de la ejecución del programa.
- La FIG. 2 ilustra una ejecución 200 de la operación decimal de coma flotante, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. La ejecución 200 de la operación decimal de coma flotante empieza recibiendo, en 202, una instrucción de la operación decimal de coma flotante para su ejecución por una unidad decimal 102 de coma flotante. En una realización preferida, la instrucción recibida de la operación decimal de coma flotante es parte de un programa almacenado en la memoria 152 de programa y es recibida por el controlador 124 de programa de un procesador informático 100. El controlador 124 de programa envía la instrucción recibida de la operación decimal de coma flotante a una unidad decimal 110 de coma flotante para su ejecución. En una realización preferida, la instrucción decimal de coma flotante especifica un primer operando de origen, el Operando A 102, y un segundo operando de origen, el Operando B 104. Aunque estos dos operandos de origen se ilustran como residentes en los registros 108 de coma flotante, se pueden utilizar varios modos de direccionamiento para especificar operandos de origen y de destino que se encuentran en varias lugares, como es entendido por los expertos en la técnica a la luz del presente debate.
- El procesamiento continúa leyendo, en 204, el primer operando de origen, el Operando A 102, y leyendo, en 206, el segundo operando de origen, el Operando B 104. Las realizaciones preferidas son capaces de aceptar uno o más operandos en un procesador de instrucciones a través de cualquier medio adecuado. La cuantía preferida para el resultado a producirse por la operación decimal de coma flotante recibida se determina entonces, en 208. En una realización preferida, la cuantía preferida se determina basada, al menos en parte, en los valores de los dos operandos de origen, el Operando A 102 y el Operando B 104.
- La operación decimal de coma flotante especificada por la instrucción decimal de coma flotante recibida se realiza entonces, en 210. Se realiza una determinación, en 212, si el resultado de la instrucción decimal de coma flotante ejecutada mantiene la cuantía preferida para ese resultado.

- 5 Si el resultado de la operación decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, el procesamiento continúa para determinar, en 220, si se establece una máscara de control de excepciones cuánticas. Como se describió anteriormente, varias realizaciones preferidas proporcionan una o más máscaras de control para afectar el resultado de una aparición de una excepción cuántica. Se puede establecer una máscara general de control de excepciones cuánticas en un registro 106 de control de excepciones, o se puede codificar un bit o campo de control de excepciones cuánticas en las instrucciones decimales individuales de lenguaje de máquina de coma flotante. En un caso de codificación de los bits de control de excepciones cuánticas en instrucciones individuales, una realización preferida lee el bit, o máscara, de control de excepciones cuánticas que se codifica en la instrucción de lenguaje de máquina y utiliza ese valor durante la ejecución de esa instrucción de lenguaje de máquina.
- 10 Si se determina, en 220, que la máscara de excepción cuántica se establece, el procesador almacena, en 230, el resultado de la operación decimal de coma flotante en una ubicación 120 de resultados o de destino, como el registro 120 de resultados de los registros 108 de coma flotante. Se indica la excepción cuántica por una salida en el controlador 124 de programa que provoca una retención, en 232, de la ejecución del programa en el controlador de interrupciones del programa.
- 15 Si se determina, en 220, que la máscara de excepción cuántica no se establece, la excepción cuántica no provoca una retención de la ejecución del programa, sino que se anota la excepción cuántica para su posterior procesamiento. En el caso de que se establezca la máscara de excepción cuántica, el procesamiento de una realización preferida almacena, en 222, el resultado en una ubicación 120 de resultados o de destino, como el registro 120 de resultados de los registros 108 de coma flotante. Se indica la excepción cuántica estableciendo un indicador 122 de excepción cuántica a través de un indicador pegajoso para indicar que se produjo una excepción cuántica.
- 20 Si la operación decimal de coma flotante realizada en 210 produjo un resultado que mantenía la cuantía preferida, ese resultado se almacena, en 214. En una realización preferida, el resultado se almacena en una ubicación 120 de resultados o de destino de los registros 108 de coma flotante. Se observa que si el resultado de la operación decimal de coma flotante mantenía la cuantía preferida, el valor o estado del indicador 122 de excepción cuántica no se ve afectado. Dejando intacto el estado del indicador 122 de excepción cuántica, la indicación de una aparición de una excepción cuántica que se produjo en una instrucción decimal de coma flotante previamente ejecutada se mantiene en el indicador de excepción cuántica, y el procesamiento posterior es capaz de examinar el indicador 122 de excepción cuántica para determinar si el resultado producido por una secuencia de instrucciones puede haber sido afectado por una excepción cuántica que ocurre durante la ejecución de esa secuencia de instrucciones.
- 25 Después de almacenar el resultado, en 214, o de establecer el indicador de excepción cuántica, en 224, el procesamiento determina, en 240, si hay más instrucciones para ejecutar. Una realización preferida de la presente invención permite que una secuencia de instrucciones sea definida para ser ejecutada con la máscara de excepción cuántica no establecida de tal manera que una excepción cuántica que ocurre durante cualquier instrucción de esa secuencia provocará que se establezca un indicador 122 pegajoso de excepción cuántica y permitirá continuar con la ejecución de esa secuencia de instrucciones. El indicador 122 pegajoso de excepción cuántica se examina después, como se describe a continuación, para determinar si se produjo una excepción cuántica durante la secuencia de instrucciones. Si se determina que el indicador 122 pegajoso de excepción cuántica está en un estado establecido al final de tal secuencia de instrucciones, se altera la ejecución del programa para ejecutar un procesamiento especial en respuesta a la aparición del cambio de cuantía que dirige la aparición de la excepción cuántica.
- 30 Después de almacenar el resultado, en 214, o de establecer el indicador de excepción cuántica, en 224, el procesamiento determina, en 240, si hay más instrucciones para ejecutar. Una realización preferida de la presente invención permite que una secuencia de instrucciones sea definida para ser ejecutada con la máscara de excepción cuántica no establecida de tal manera que una excepción cuántica que ocurre durante cualquier instrucción de esa secuencia provocará que se establezca un indicador 122 pegajoso de excepción cuántica y permitirá continuar con la ejecución de esa secuencia de instrucciones. El indicador 122 pegajoso de excepción cuántica se examina después, como se describe a continuación, para determinar si se produjo una excepción cuántica durante la secuencia de instrucciones. Si se determina que el indicador 122 pegajoso de excepción cuántica está en un estado establecido al final de tal secuencia de instrucciones, se altera la ejecución del programa para ejecutar un procesamiento especial en respuesta a la aparición del cambio de cuantía que dirige la aparición de la excepción cuántica.
- 35 Si existen más instrucciones, se hace una determinación, en 242, si la siguiente instrucción es una instrucción decimal de coma flotante. Si la siguiente instrucción es una instrucción decimal de coma flotante, el procesamiento vuelve para recibir, en 202, esa instrucción decimal de coma flotante. Si la siguiente instrucción no es una instrucción decimal de coma flotante, el procesador vuelve para determinar, en 240, si hay más instrucciones para ejecutar.
- 40 Cuando no quedan más instrucciones por ejecutar, el procesamiento de una realización preferida continúa para determinar, en 244, si se ha establecido el indicador 122 de excepción cuántica. Como se describió anteriormente, el procesamiento establece el indicador de excepción cuántica si no se ha establecido la máscara de excepción cuántica y se produjo una excepción cuántica durante una secuencia de instrucciones del programa. En el caso de que se haya establecido el indicador de excepción cuántica, el procesamiento realiza, en 246, un procesamiento para acomodar el evento de excepción cuántica previamente detectado. El procesamiento termina entonces.

Sistema de procesamiento de la información

- 55 Como será apreciado por un experto en la técnica, los aspectos de la presente invención se pueden incorporar como un sistema, método o producto del programa informático. En consecuencia, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de una realización preferida enteramente de hardware, de una realización preferida enteramente de software (incluyendo el firmware, el software residente, el micro-código, etc.) o de una realización preferida que combina aspectos de software y de hardware que en general pueden ser referidos aquí como un "circuito", "modulo" o "sistema". Además, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de un

producto del programa informático incorporado en uno o más medios informáticos legibles que tienen un código de programa informático legible incorporado en el mismo.

5 Se puede utilizar cualquier combinación de uno o más medios informáticos legibles. El medio informático legible puede ser un medio de almacenamiento informático legible. Un medio de almacenamiento informático legible puede ser, por ejemplo, pero no limitado a, un sistema, aparato, o dispositivo, electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. Ejemplos más
10 específicos (una lista no exhaustiva) del medio de almacenamiento informático legible incluirían lo siguiente: una conexión eléctrica que tiene uno o más cables, un disquete informático portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM o memoria Flash), una fibra óptica, un disco compacto portátil de memoria de sólo lectura (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. En el contexto de este documento, un medio de almacenamiento informático legible puede ser cualquier medio tangible que pueda contener, o almacenar, un programa para su uso por o en conexión con un sistema, aparato, o dispositivo de ejecución de instrucciones.

15 El código del programa informático para realizar las operaciones para los aspectos de la presente invención se puede escribir en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluyendo un lenguaje de programación orientado a objetos como Java, Smalltalk, C++ o similar y lenguajes de programación procesales convencionales, como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. El código del programa puede ejecutarse enteramente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario,
20 como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o enteramente en el ordenador o servidor remoto. En este último escenario, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluyendo una red de área local (LAN) o una red de área extensa (WAN), o la conexión puede hacerse a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un Proveedor de Servicios de Internet).

25 Se describen a continuación los aspectos de la presente invención con referencia a las ilustraciones del diagrama de flujo y/o los diagramas de bloques de los métodos, aparatos (sistemas) y productos del programa informático según las realizaciones preferidas de la invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones del diagrama de flujo y/o de los diagramas de bloques, y las combinaciones de bloques en las ilustraciones del diagrama de flujo y/o los diagramas de bloques, pueden implementarse por instrucciones del programa informático. Estas instrucciones del programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de propósito general, de un ordenador de propósito especial, o de otro aparato programable de procesamiento de datos para producir una máquina, de manera que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador o de otro aparato programable de procesamiento de datos, crean los medios para implementar las funciones/actos especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o del diagrama de bloques.

30 Estas instrucciones del programa informático pueden también almacenarse en un medio informático legible que puede dirigir un ordenador, otro aparato programable de procesamiento de datos, u otros dispositivos para que funcionen de una manera particular, de manera que las instrucciones almacenadas en el medio informático legible producen un artículo de fábrica que incluye las instrucciones que implementan la función/acto especificada en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o del diagrama de bloques.

35 Las instrucciones del programa informático pueden también cargarse en un ordenador, otro aparato programable de procesamiento de datos, u otros dispositivos para provocar que se realicen una serie de pasos operativos en el ordenador, otro aparato programable u otros dispositivos para producir un proceso informático implementado de manera que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan los procesos para implementar las funciones/actos especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o del diagrama de bloques.
45

Refiriéndose ahora a la FIG. 3, que es un diagrama de bloques que ilustra un sistema 300 de procesamiento de la información que puede utilizarse junto con el procesador 100 debatido anteriormente con respecto a la FIG. 1. El sistema 300 de procesamiento de la información se basa en un sistema de procesamiento configurado adecuadamente, adaptado para implementar una o más realizaciones preferidas de la presente invención. De manera similar, cualquier sistema de procesamiento configurado adecuadamente se puede utilizar como el sistema 300 de procesamiento de la información por las realizaciones preferidas de la presente invención.
50

El sistema 300 de procesamiento de la información incluye un ordenador 302. El ordenador 302 tiene un procesador o procesadores 304 que están conectados a una memoria caché 306, a una memoria 322, a una interfaz 308 de almacenamiento masivo, y a un hardware 310 del adaptador de red. Un bus 312 del sistema interconecta estos componentes del sistema.
55

La interfaz 308 de almacenamiento masivo se utiliza para conectar los dispositivos de almacenamiento masivo, como el dispositivo 314 de almacenamiento de datos, al sistema 300 de procesamiento de la información. Un tipo específico de dispositivo de almacenamiento de datos es una unidad óptica como una unidad CD/DVD, que puede utilizarse para almacenar datos en y leer datos de un medio o producto de almacenamiento informático legible como

(pero no limitado a) un CD/DVD 316. Otro tipo de dispositivo de almacenamiento de datos es un dispositivo de almacenamiento de datos configurado para soportar, por ejemplo, operaciones del sistema de archivos del tipo NTFS.

5 Un sistema operativo (no mostrado) incluido en la memoria 322 es un sistema operativo multitarea adecuado como los sistemas operativos Linux, UNIX, Windows XP, y Windows Server 2003. Las realizaciones preferidas de la presente invención son capaces de utilizar cualquier otro sistema operativo adecuado. Algunas realizaciones preferidas de la presente invención utilizan arquitecturas, como un mecanismo de estructura orientada a objetos, que permiten que las instrucciones de los componentes del sistema operativo (no mostrado) se ejecuten en cualquier procesador ubicado dentro del sistema 300 de procesamiento de la información. El hardware 310 del adaptador de red en una realización preferida proporciona las interfaces de comunicaciones de red a una o más redes 320. Las realizaciones preferidas de la presente invención son capaces de adaptarse para trabajar con cualesquiera conexiones de comunicaciones de datos incluyendo las técnicas analógicas y/o digitales presentes hoy día o a través de un futuro mecanismo de red.

15 El diagrama de flujo y los diagramas de bloques en las figuras ilustran la arquitectura, la funcionalidad, y el funcionamiento de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos del programa informático según varias realizaciones preferidas de la presente invención. A este respecto, cada bloque en el diagrama de flujo o los diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento, o parte del código, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la función o funciones lógicas especificadas. Hay que indicar también que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones indicadas en el bloque pueden producirse fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de manera simultánea, o los bloques a veces pueden ejecutarse en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. Se indicará también que cada bloque de los diagramas de bloques y/o de la ilustración del diagrama de flujo, y las combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o la ilustración del diagrama de flujo, puede ser implementado por sistemas de propósito especial basados en hardware que realizan las funciones o actos especificados, o combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones informáticas.

Ejemplos no limitantes

30 Aunque se han descrito realizaciones preferidas específicas de la invención, los expertos en la técnica entenderán que pueden hacerse cambios a las realizaciones preferidas específicas sin apartarse del alcance de la invención. El alcance de la invención no está restringido, por lo tanto, a las realizaciones preferidas específicas, y se pretende que las reivindicaciones adjuntas cubran todas y cada una de las aplicaciones, modificaciones, y realizaciones preferidas dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar excepciones cuánticas decimales de coma flotante, comprendiendo el método los pasos de
aceptar al menos un operando decimal (102, 104) de coma flotante;
- 5 obtener (202) una instrucción de máquina que contiene una instrucción para una operación decimal de coma flotante; y caracterizado por:
ejecutar la instrucción de máquina que comprende:
determinar (208) la cuantía preferida basada en al menos un operando decimal de coma flotante, indicando la
10 cuantía preferida un valor definido representado por un dígito menos significativo de un significando del resultado decimal de coma flotante;
realizar (210) una operación decimal de coma flotante en al menos un operando decimal de coma flotante para producir un resultado decimal de coma flotante;
determinar, en respuesta a un campo de control en la instrucción de máquina, que la cuantía del resultado decimal de coma flotante es diferente de la cuantía preferida; y
- 15 proporcionar, en respuesta al paso de determinar que la cuantía del resultado decimal de coma flotante es diferente de la cuantía preferida, una salida que indica una excepción cuántica, ocurriendo la excepción cuántica solamente en respuesta a la cuantía del resultado decimal de coma flotante que es diferente de la cuantía preferida.
2. El método de cualquiera de la reivindicación 1, en donde el paso de proporcionar una salida comprende un paso de establecer, en respuesta a la determinación de que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la
20 cuantía preferida, un indicador de excepción cuántica.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el paso de proporcionar una salida comprende un paso de activar una retención de la ejecución del software.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además los pasos de:
mantener un indicador de excepción cuántica en uno de un estado establecido y de un estado no establecido;
- 25 mantener una máscara de excepción cuántica en uno de un estado establecido y de un estado no establecido;
ejecutar una secuencia de instrucciones del programa, comprendiendo la secuencia de instrucciones del programa una instrucción para la operación decimal de coma flotante, siendo el paso de realizar la operación decimal de coma flotante en respuesta al paso de ejecutar la instrucción para la operación decimal de coma flotante;
almacenar el resultado decimal de coma flotante en una ubicación de almacenamiento de destino;
- 30 continuar, en respuesta a la máscara de excepción cuántica que está en el estado no establecido y que determina que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, la ejecución de la secuencia de instrucciones; y
retener, en respuesta a la máscara de excepción cuántica que está en el estado establecido y que determina que el
35 resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, la ejecución de la secuencia de instrucciones del programa, comprendiendo la retención ejecutar un controlador de interrupciones del programa, y
el suministro de la salida que comprende establecer el indicador de excepción cuántica en el estado establecido.
5. El método de la reivindicación 4, que comprende además los pasos de:
determinar, posterior al paso de ejecutar la secuencia de instrucciones del programa, que el indicador de excepción
cuántica está en el estado establecido; y
- 40 alterar la ejecución del programa, en respuesta a la determinación de que el indicador de excepción cuántica está en el estado establecido y posterior a la ejecución de la secuencia de instrucciones del programa, para abordar la aparición de la excepción cuántica.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en donde el paso de mantener la máscara de excepción cuántica comprende además los pasos de:
- 45 leer un valor de la máscara de excepción cuántica codificado en una instrucción de lenguaje de máquina que corresponde a la instrucción para la operación decimal de coma flotante,

el mantenimiento de la máscara de excepción cuántica que comprende utilizar, durante la ejecución de la instrucción para la operación decimal de coma flotante, el valor de la máscara de excepción cuántica.

- 5 7. El método de la reivindicación 6, donde se codifica el valor de la máscara de excepción cuántica en un campo de control de excepciones de la instrucción de lenguaje de máquina, codificando además el campo de control de excepciones las máscaras de excepción para otras excepciones de coma flotante.
8. Un sistema para detectar excepciones cuánticas decimales de coma flotante, comprendiendo el sistema:
- una memoria; y
- un procesador (100) acoplado comunicativamente a la memoria, en donde el procesador comprende:
- un procesador de instrucciones operable para:
- 10 aceptar al menos un operando decimal de coma flotante;
- obtener una instrucción de máquina que contiene un código de operación para una operación decimal de coma flotante; y caracterizado por:
- ejecutar la instrucción de máquina que comprende:
- 15 determinar la cuantía preferida basada en al menos un operando decimal de coma flotante, indicando la cuantía preferida un valor definido representado por un dígito menos significativo de un significando del resultado decimal de coma flotante;
- realizar una operación decimal de coma flotante en al menos un operando decimal de coma flotante para producir un resultado decimal de coma flotante;
- 20 determinar, por un detector (112) de excepciones cuánticas del procesador de instrucciones, en respuesta a un campo de control en la instrucción de máquina, que la cuantía del resultado decimal de coma flotante es diferente de la cuantía preferida; y
- proporcionar, por una unidad de respuesta de la excepción cuántica del procesador de instrucciones, en respuesta al detector de excepciones cuánticas que determina que la cuantía del resultado decimal de coma flotante es diferente de la cuantía preferida, una salida (122) que indica una excepción cuántica, ocurriendo la excepción cuántica solamente en respuesta a la cuantía del resultado decimal de coma flotante que es diferente de la cuantía preferida.
- 25 9. El sistema de la reivindicación 8, en donde la unidad de respuesta de la excepción cuántica es además operable para establecer, en respuesta a la determinación de que el detector (112) de excepciones cuánticas que determina que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, un indicador de excepción cuántica.
- 30 10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, en donde la unidad de respuesta de la excepción cuántica es además operable para proporcionar una salida (122) que comprende activar una retención de la ejecución del software.
11. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde:
- el procesador de instrucciones es además operable para:
- 35 mantener un indicador de excepción cuántica en uno de un estado establecido y de un estado no establecido;
- mantener una máscara de excepción cuántica en uno de un estado establecido y de un estado no establecido;
- ejecutar una secuencia de instrucciones del programa, comprendiendo la secuencia de instrucciones del programa una instrucción para la operación decimal de coma flotante;
- 40 realizar la operación decimal de coma flotante, en respuesta a la ejecución de la instrucción para la operación decimal de coma flotante;
- almacenar el resultado decimal de coma flotante en una ubicación de almacenamiento de destino;
- continuar, en respuesta a la máscara de excepción cuántica que está en el estado no establecido y al detector (112) de excepciones cuánticas que determina que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida, la ejecución de la secuencia de instrucciones; y
- 45 retener, en respuesta a la máscara de excepción cuántica que está en el estado establecido y al detector de excepciones cuánticas que determina que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía

- preferida, la ejecución de la secuencia de instrucciones del programa, la unidad de respuesta de la excepción cuántica retiene la ejecución provocando que el procesador de instrucciones ejecute un controlador de interrupciones del programa; y
- 5 la unidad de respuesta de la excepción cuántica es además operable para establecer el indicador de excepción cuántica en el estado establecido, en respuesta a la determinación de que el resultado decimal de coma flotante no logra mantener la cuantía preferida;
12. El sistema de la reivindicación 11, en donde el procesador de instrucciones es además operable para:
- determinar, posterior a la ejecución de la secuencia de instrucciones del programa, que el indicador de excepción cuántica está en el estado establecido; y
- 10 alterar la ejecución del programa, en respuesta a la determinación de que el indicador de excepción cuántica está en el estado establecido y posterior a la ejecución de la secuencia de instrucciones del programa, para abordar la aparición de la excepción cuántica.
13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12, en donde el procesador de instrucciones es además operable para:
- 15 leer un valor de la máscara de excepción cuántica codificado en una instrucción de lenguaje de máquina que corresponde a la instrucción para la operación decimal de coma flotante; y
- utilizar, durante la ejecución de la instrucción para la operación decimal de coma flotante, el valor de la máscara de excepción cuántica.
- 20 14. El sistema de la reivindicación 13, en donde el valor de la máscara de excepción cuántica es operable para su codificación en un campo de control de excepciones de la instrucción de lenguaje de máquina, codificando además el campo de control de excepciones las máscaras de excepción para otras excepciones de coma flotante.
15. Un programa informático almacenado en un medio informático legible y cargado en la memoria interna del sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 25

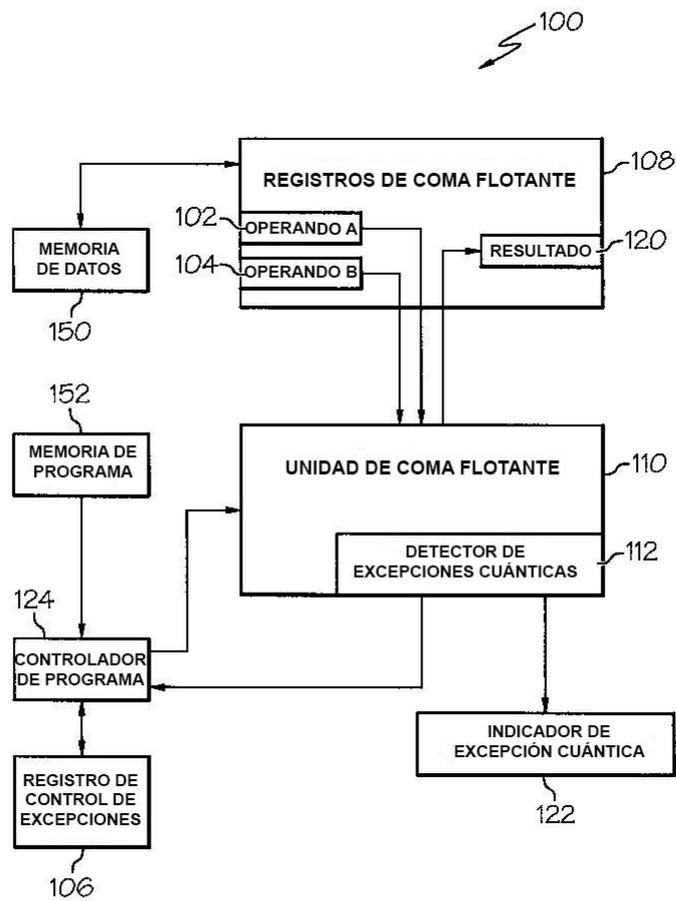


FIG. 1

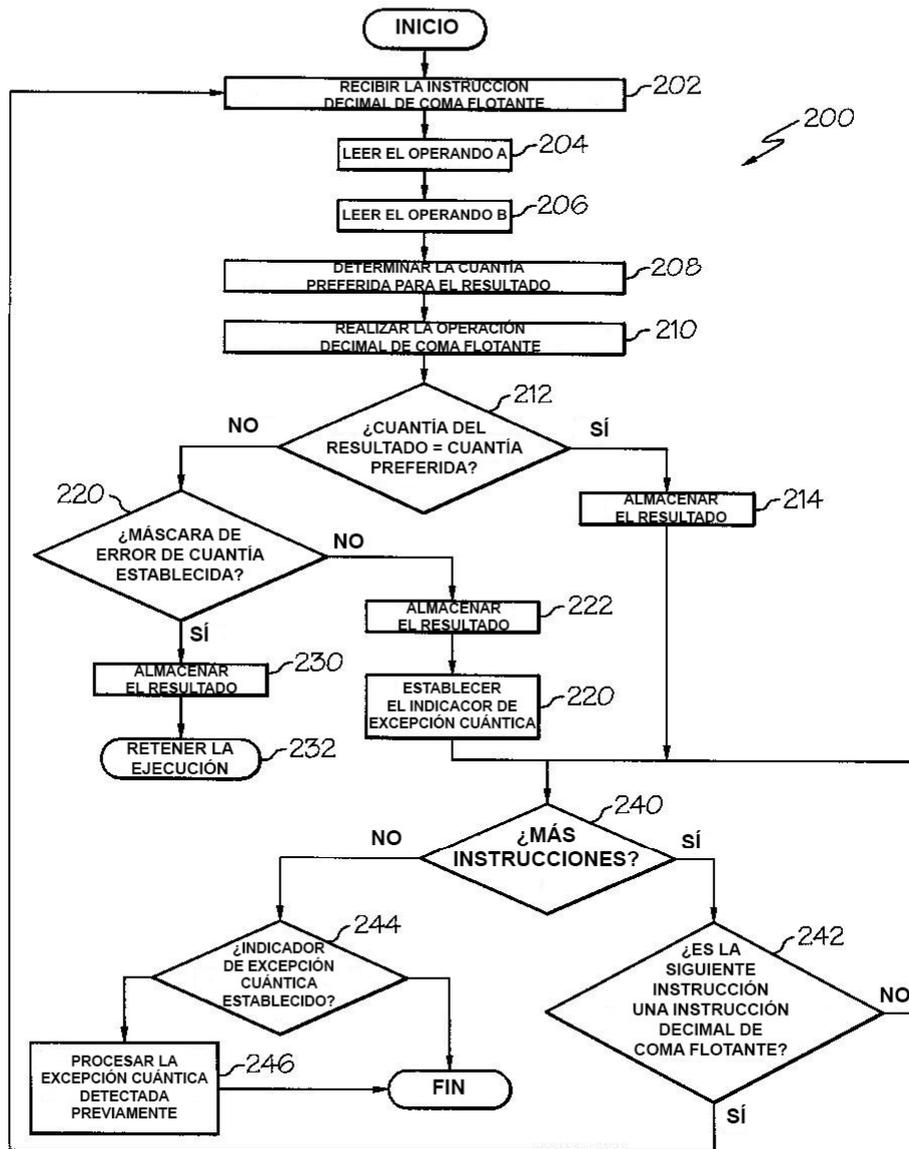


FIG. 2

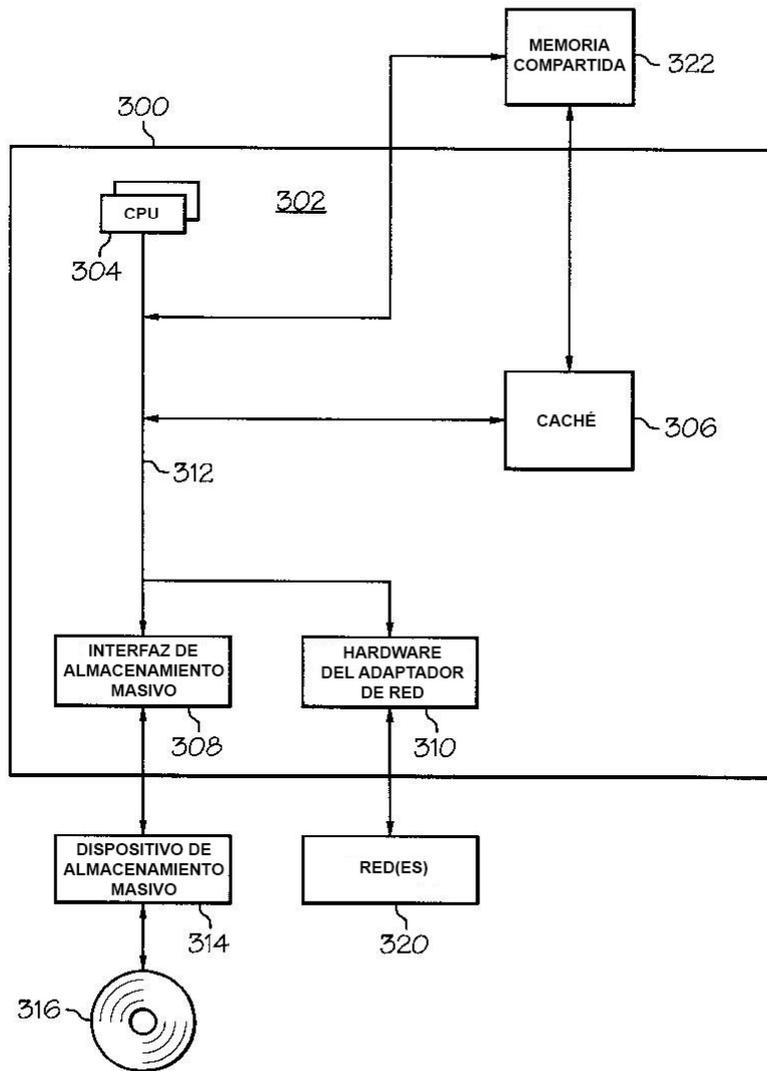


FIG. 3