

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 197**

51 Int. Cl.:

G06F 9/50 (2006.01)

G06F 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2009 E 09012913 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2177990**

54 Título: **Gestión de memoria en un soporte de almacenamiento de datos portátil**

30 Prioridad:

14.10.2008 DE 102008051577

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

13.07.2017

73 Titular/es:

**GIESECKE & DEVRIENT GMBH (100.0%)
PRINZREGENTENSTRASSE 159
81677 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

KRAMPOSTHUBER, GEORG

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 624 197 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

Gestión de memoria en un soporte de almacenamiento de datos portátil

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la gestión dinámica de recursos de memoria de un soporte de almacenamiento de datos portátil, así como a un soporte de almacenamiento de datos con una gestión de memoria de este tipo.

10 Debido a su estructura, los soportes de almacenamiento de datos portátiles, por ejemplo tarjetas de chip, tarjetas de telefonía móvil o similares, cuentan con pocos recursos de memoria volátil como, por ejemplo, una memoria de trabajo RAM. Al mismo tiempo, dichos soportes de almacenamiento de datos están equipados generalmente con un sistema operativo multihilo ("multithread"), lo que permite, en principio, la ejecución concurrente de varios procesos o hilos de ejecución ("threads", también denominados "procesos ligeros"), pudiendo estar compuesto un proceso por varios hilos de ejecución que se pueden ejecutar a su vez de forma concurrente.

15 Puesto que, debido a los recursos limitados de memoria volátil, generalmente no es posible mantener simultáneamente en la memoria volátil todos los procesos o hilos de ejecución que se están ejecutando de forma concurrente, existe el problema fundamental de utilizar de forma óptima la memoria volátil, teniendo en cuenta el comportamiento de tiempo de ejecución de los procesos o hilos de ejecución que se van a ejecutar.

20 El documento EP 1 297 423 B1 describe un procedimiento para la migración de procesos de una primera máquina virtual a una segunda máquina virtual. Los intervalos de memoria de un proceso de este tipo son intercambiados por la primera máquina virtual a una memoria persistente. Estos intervalos de memoria contienen información que reproduce el estado del proceso en un momento de parada. La segunda máquina virtual puede leer estos intervalos de memoria, de forma que el proceso pueda continuar allí en estado guardado.

25 En el documento US 6.687.800 B1 se describe una tarjeta de chip que recarga aplicaciones de bases de datos externas a través de una red, por ejemplo internet, o intercambia las aplicaciones cargadas anteriormente nuevamente a las bases de datos si la memoria persistente de la tarjeta de chip no presenta suficiente capacidad libre. El documento EP 0 483 525 A2 describe un procedimiento para intercambiar páginas de memoria poco utilizadas de una memoria RAM habitual a una memoria RAM especial, de bajo consumo energético, con el objetivo de ahorrar energía.

30 El documento EP 1 524 597 A1 describe un procedimiento en un soporte de almacenamiento de datos portátil (*Smart Card*), en el que el bloque de control de hilo guardado en la memoria volátil es intercambiado como conjunto a la memoria persistente.

35 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en proponer un procedimiento para el uso eficaz de los limitados recursos de memoria volátil en un soporte de almacenamiento de datos portátil.

40 Este objetivo se consigue según la invención mediante un procedimiento y un soporte de almacenamiento de datos portátil con las características de las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes describen configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la invención.

45 La presente invención se basa en la idea básica de intercambiar solo objetos determinados de un hilo de ejecución de una memoria volátil a una persistente del soporte de almacenamiento de datos para poner a disposición recursos de memoria volátil sin afectar a los hilos de ejecución ejecutados.

50 Un procedimiento según la invención en un soporte de almacenamiento de datos portátil con un sistema operativo multihilo comprende los siguientes pasos, que deben ser ejecutados por una gestión de memoria del sistema operativo: seleccionar un hilo de ejecución guardado en una memoria volátil del soporte de almacenamiento de datos, comprendiendo el hilo de ejecución seleccionado al menos un objeto; determinar al menos un objeto intercambiable del hilo de ejecución seleccionado; así como intercambiar tan solo el al menos un objeto intercambiable determinado a la memoria persistente del soporte de almacenamiento de datos.

55 De forma correspondiente, un soporte de almacenamiento de datos según la invención comprende un procesador, una memoria volátil y una memoria persistente, un sistema operativo multihilo con un dispositivo de gestión de memoria y al menos una aplicación ejecutable en el procesador como al menos un hilo de ejecución. El dispositivo de gestión de memoria está configurado para seleccionar un hilo de ejecución guardado en la memoria volátil, que comprende al menos un objeto, y determinar al menos un objeto intercambiable del hilo de ejecución. Además, el dispositivo de gestión de memoria está configurado para intercambiar tan solo el al menos un objeto intercambiable determinado de la memoria volátil a la memoria persistente.

60 En relación a la presente invención, un proceso o hilo de ejecución designa respectivamente un programa ejecutado, o una parte ejecutada de un programa, que fue cargado al menos parcialmente en la memoria volátil principal o de trabajo del soporte de almacenamiento de datos y es ejecutado por el procesador del soporte de almacenamiento de

datos. Es decir que, en el contexto de la presente invención, un proceso comprende uno o varios hilos de ejecución, que a su vez pueden comprender uno o varios objetos.

5 Al generar uno o varios hilos de ejecución, el dispositivo de gestión de memoria del soporte de almacenamiento de datos crea diferentes intervalos de memoria en la memoria volátil. En el denominado almacenamiento libre ("heap") se gestionan dinámicamente los intervalos de memoria que sirven para crear objetos para el tiempo de ejecución de los hilos de ejecución. En este sentido, el término "objeto" no se limita a objetos en el sentido de la programación orientada a objetos como, por ejemplo, en Java o C++. El término "objeto" puede designar incluso una estructura de datos con mayor o menor relación funcional, por ejemplo, una matriz o cualquier otra estructura de datos adecuada en relación con la programación imperativa o funcional que es creada durante la ejecución de un hilo de ejecución y no abarca sus propios métodos, como en el caso de la programación orientada a objetos.

10 En un segundo intervalo de memoria de la memoria volátil se gestiona para cada hilo de ejecución respectivamente una pila ("stack") propia. Este intervalo de memoria gestionado mediante las operaciones habituales de apilar ("push") y desapilar ("pop") comprende los marcos de método de los métodos del hilo de ejecución correspondiente, en los que, por ejemplo, se guardan variables locales, resultados intermedios y similares. El espacio de memoria necesario para la pila generalmente ya se conoce durante la compilación de la aplicación y también puede ser gestionado dinámicamente por el dispositivo de gestión de memoria.

15 Dependiendo de la situación de aplicación concreta del soporte de almacenamiento de datos y del entorno de hardware presente es posible definir un objeto de un hilo de ejecución guardado en el almacenamiento libre volátil como intercambiable. En este sentido se pueden considerar diversos parámetros que, por ejemplo, se refieren a los recursos de memoria volátil requeridos por el objeto o al tiempo de ejecución del objeto.

20 Mediante el intercambio según la invención, tan solo de determinados objetos intercambiables de un hilo de ejecución, en lugar del hilo de ejecución completo, es posible una gestión flexible y eficaz de los recursos de memoria del soporte de almacenamiento de datos por debajo del nivel del hilo de ejecución. Mediante los dos pasos, es decir, la selección de un hilo de ejecución y la determinación de objetos intercambiables, es posible, por un lado, tener en cuenta de forma precisa la situación concreta de utilización de memoria y, por otro lado, no afectar a otros hilos de ejecución gracias al intercambio de los objetos determinados.

25 Preferentemente, se determinan como objetos intercambiables aquellos objetos del hilo de ejecución seleccionado que no son referenciados por otros hilos de ejecución. De este modo se garantiza que otros hilos de ejecución no serán retrasados en su ejecución debido a que acceden a objetos intercambiados. Alternativa o adicionalmente, un objeto se puede considerar intercambiable si el espacio de memoria requerido por este objeto presenta un determinado tamaño mínimo o ya no se ha accedido al objeto durante un lapso de tiempo preestablecido.

30 También es posible intercambiar a la memoria persistente, además de los objetos determinados, también la pila del hilo de ejecución seleccionado. También de este modo se crean recursos de memoria volátil libre sin afectar a la ejecución de otros hilos de ejecución.

35 Preferentemente, los datos intercambiados son intercambiados de forma compacta, es decir, en lo posible a un intervalo de memoria relacionado en la memoria persistente. De este modo se evita una fragmentación de la memoria persistente. Una fragmentación también se puede prevenir guardando los datos intercambiados de forma lo más compacta posible, preferentemente separada en intervalo de memoria de almacenamiento libre y de pila, nuevamente en la memoria volátil cuando el procesador continúa con el hilo de ejecución seleccionado.

40 La selección del hilo de ejecución, cuyos objetos intercambiables se van a intercambiar, se puede realizar según diferentes criterios. Según un modo de realización preferente, a los hilos de ejecución individuales están asignadas prioridades, mediante las cuales la gestión de memoria del sistema operativo selecciona el hilo de ejecución. De este modo se consigue que los hilos de ejecución importantes, por ejemplo de rutinas del sistema operativo, nunca sean seleccionados debido a su alta prioridad, mientras los hilos de ejecución menos importantes, cuyo retraso no sería o sería apenas perceptible por un usuario del soporte de almacenamiento de datos, son seleccionados preferentemente debido a su baja prioridad.

45 La prioridad de ciertos hilos de ejecución puede ser modificada por la gestión de memoria del sistema operativo durante el tiempo de ejecución de los hilos de ejecución. Es decir que es posible, por ejemplo, reducir temporalmente la prioridad de hilos de ejecución de alta prioridad que están bloqueados debido a factores externos, por ejemplo porque esperan una entrada de datos. El intercambio de un hilo de ejecución que, de todas maneras, está bloqueado no afecta a otros hilos de ejecución de ningún modo pero puede proporcionar adicionalmente recursos de memoria volátil. Una vez finalizado el bloqueo del hilo de ejecución y tras guardar el hilo de ejecución nuevamente en la memoria volátil para continuar su ejecución, la gestión de memoria puede volver a elevar la prioridad del hilo de ejecución.

50 Otras características y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción de ejemplos de realización según la invención, así como de otras alternativas de realización en relación a los dibujos adjuntos, que muestran:

A continuación se explica la invención a modo de ejemplo en relación a los dibujos adjuntos: Muestran:

la figura 1 un soporte de almacenamiento de datos según la invención; y

la figura 2 esquemáticamente el intercambio de objetos y una pila de una memoria volátil a una memoria persistente del soporte de almacenamiento de datos de la figura 1.

En relación a la figura 1, un soporte de almacenamiento de datos -10-, que aquí está realizado como tarjeta de chip, comprende una interfaz de comunicación de datos -20-, un procesador (CPU) -30- y diferentes memorias -40-, -50- y -60-. El soporte de almacenamiento de datos -10- también puede presentar otro diseño, por ejemplo como token USB.

La interfaz de comunicación de datos -20- está realizada como campo de contacto según ISO 7816 y sirve para la comunicación de datos con un dispositivo de procesamiento de datos externo (no representado), por ejemplo un terminal de tarjetas, así como para suministrar energía al soporte de almacenamiento de datos -10-. Alternativa o adicionalmente, el soporte de almacenamiento de datos -10- también puede disponer de un suministro de energía propio (no representado), por ejemplo una batería. También pueden estar previstas otras interfaces de contacto. Alternativa o adicionalmente, también puede estar prevista una interfaz de comunicación de datos sin contacto (no representada) para la comunicación de datos sin contacto, por ejemplo una antena.

En la memoria ROM persistente de solo lectura -40- se encuentra un sistema operativo multihilo -42-, que controla el soporte de almacenamiento de datos -10-. El sistema operativo -42- comprende un dispositivo de gestión de memoria -44- para gestionar los recursos de memoria del soporte de almacenamiento de datos -10-, especialmente para intercambiar datos con la memoria RAM -50-, que sirve al soporte de almacenamiento de datos -10- como memoria de trabajo volátil. En relación a la figura 2, a continuación se describe en mayor detalle el dispositivo de gestión de memoria -44-.

Alternativamente, el sistema operativo -42-, o partes del mismo como, por ejemplo, el dispositivo de gestión de memoria -44-, puede encontrarse en la memoria FLASH de lectura y escritura -60-, que también puede estar realizada alternativamente como memoria EEPROM o similar. En la memoria FLASH -60- está guardada una aplicación -64- que se puede ejecutar en el procesador -30- como un proceso con varios hilos de ejecución. En general, la memoria FLASH -60- sirve al soporte de almacenamiento de datos -10- para guardar de forma persistente los datos generados, por ejemplo, durante la ejecución de los hilos de ejecución de los procesos.

Al generar y ejecutar el proceso de la aplicación -64-, el dispositivo de gestión de memoria -44- asigna a los hilos de ejecución del proceso diferentes intervalos de memoria en la memoria RAM -50-. Para los objetos generados dinámicamente por un hilo de ejecución durante su tiempo de ejecución, el dispositivo de gestión de memoria -44- gestiona un almacenamiento libre en la memoria volátil -50-. La sección de memoria -51- utilizada por el almacenamiento libre está representada en la zona superior de la memoria -50- en la figura 2. En los intervalos de memoria -A1-, -A2-, -A3- allí mostrados están alojados objetos de un hilo de ejecución seleccionado, que no son referenciados por otros hilos de ejecución. En los intervalos de memoria de la sección de memoria -51-, que no presentan números de referencia, están alojados o bien objetos de este hilo de ejecución, que son referenciados por otros hilos de ejecución, u objetos de otros hilos de ejecución del mismo proceso y/u objetos de hilos de ejecución que no provienen de la aplicación -64-.

En la sección de memoria -52-, el dispositivo de gestión de memoria -44- gestiona los intervalos de memoria para alojar las pilas para los hilos de ejecución ejecutados por el procesador -30-. En el intervalo de memoria -B- se encuentra la pila del hilo de ejecución seleccionado para la aplicación -64-. Las secciones de memoria -51-, -52- para el almacenamiento libre y para alojar las pilas no están limitadas por requisitos estáticos, es decir que, dados los requisitos de memoria de los hilos de ejecución, ambas pueden ser gestionadas de forma dinámica por el dispositivo de gestión de memoria -44- del sistema operativo -42-, por tanto, utilizando eficientemente la memoria libre -53-.

Debido al tamaño limitado de la memoria volátil -50- del soporte de almacenamiento de datos -10-, incluso en el caso de la asignación dinámica de memoria a través del dispositivo de gestión de memoria -44- puede ocurrir que la memoria libre -53- ya no sea suficiente para una pila de un nuevo hilo de ejecución. En este caso, el dispositivo de gestión de memoria -44- debe intercambiar los objetos -A1-, -A2-, -A3- y, dado el caso, la pila -B- guardados en la memoria -50- a la memoria persistente -60-, cuya capacidad de memoria generalmente supera considerablemente la de la memoria volátil -50-.

Para ello, el dispositivo de gestión de memoria -44- selecciona un hilo de ejecución guardado en la memoria -50- y determina los objetos intercambiables -A1-, -A2-, -A3- del hilo de ejecución seleccionado para intercambiarlos a la memoria persistente -60-. La selección de los hilos de ejecución tiene lugar según una prioridad asignada a los hilos de ejecución. Para establecer la prioridad de un proceso o hilo de ejecución se puede recurrir en principio a cualquier heurística. En este sentido, los hilos de ejecución de rutinas del sistema operativo pueden tener

prioridades altas para evitar un intercambio de objetos en estos hilos de ejecución. Por el contrario, los hilos de ejecución cuyo retraso no sería o sería apenas perceptible por un usuario del soporte de almacenamiento de datos pueden dotarse de prioridades relativamente bajas, para que este hilo de ejecución sea seleccionado más frecuentemente para el intercambio de objetos. Alternativa o adicionalmente, la prioridad de un hilo de ejecución también puede resultar, por ejemplo, del tamaño del espacio de memoria ocupado por el hilo de ejecución. Cuanto mayor sea el espacio de memoria ocupado, más baja será entonces la prioridad. Además, la prioridad de un hilo de ejecución también puede depender del tiempo que lleve el hilo de ejecución inactivo, es decir, sin ser ejecutado por el procesador. De este modo, la prioridad de un hilo de ejecución puede cambiar durante su tiempo de ejecución.

Dicha modificación de la prioridad de un hilo de ejecución es asumida por el dispositivo de gestión de memoria -44-. Por ejemplo, la prioridad de un hilo de ejecución de comunicación de datos que espera un comando de respuesta de un dispositivo externo y, por tanto, está bloqueado, puede ser reducida por el dispositivo de gestión de memoria -44- durante el periodo de bloqueo. Una vez que se recibe el comando de respuesta y se vuelve a activar el hilo de ejecución correspondiente, el dispositivo de gestión de memoria -44- vuelve a elevar la prioridad del hilo de ejecución.

Pero alternativamente también es posible no utilizar las prioridades para la selección del hilo de ejecución sino seleccionar todos los hilos de ejecución que no corresponden al sistema operativo -42- uno tras otro por el dispositivo de gestión de memoria -44- y determinar los objetos intercambiables.

El dispositivo de gestión de memoria -44- determina los objetos intercambiables en un hilo de ejecución seleccionado. En el modo de realización mostrado en la figura 2, los objetos intercambiables del hilo de ejecución seleccionado se encuentran en los intervalos de memoria -A1-, -A2-, -A3-. Estos objetos no son referenciados por otros hilos de ejecución. Dichos objetos intercambiables pueden ser determinados por la gestión de memoria -44-, por ejemplo, mediante el procedimiento "Mark-and-Sweep", conocido en relación a la recolección de basura ("Garbage Collection"). En este caso, partiendo de una raíz de un primer hilo de ejecución, se siguen las referencias de objeto correspondientes hasta que todos los objetos del primer hilo de ejecución están marcados. El mismo proceso de seguimiento de referencias de objeto se repite entonces para todos los otros hilos de ejecución. Si se alcanza un objeto que ya fue marcado, entonces esta marca se borra. Finalmente, todos aquellos objetos que están marcados tras finalizar el proceso completo representan justamente los objetos del primer hilo de ejecución intercambiables, no referenciados por otros hilos de ejecución.

No obstante, este procedimiento para determinar los objetos intercambiables de un hilo de ejecución solo se ha mencionado a modo de ejemplo; se puede utilizar cualquier otro procedimiento adecuado para determinar los objetos intercambiables en base a una estrategia o heurística preestablecida. Alternativa o adicionalmente, para determinar los objetos intercambiables se puede recurrir a otros criterios, por ejemplo, el tamaño del intervalo de memoria -A1-, -A2-, -A3- ocupado por el objeto, la frecuencia con la que se accede al objeto, la cantidad de referencias al objeto o desde el objeto o similares.

Los objetos intercambiables -A1-, -A2-, -A3- del hilo de ejecución seleccionado son intercambiados a la memoria persistente -60-. En el modo de realización descrito, además de los objetos determinados, también se puede intercambiar a la memoria persistente -60- el intervalo de memoria -B- asignado a la pila del hilo de ejecución seleccionado.

Los intervalos de memoria -A1-, -A2-, -A3- de los objetos intercambiados y el intervalo de memoria de pila -B- son alojados de forma compacta en un intervalo de memoria relacionado en la memoria persistente -60- para contrarrestar una fragmentación de la memoria -60-. Los intervalos de memoria intercambiados -A1-, -A2-, -A3-, -B- pueden ser identificados fácilmente en la memoria -60- a través de una identificación de hilo de ejecución y la raíz del hilo de ejecución.

Si un hilo de ejecución seleccionado y bloqueado vuelve a estar activo, entonces los intervalos de memoria intercambiados -A1-, -A2-, -A3-, -B- se vuelven a intercambiar a la memoria -50-. Si allí no hay suficiente espacio de memoria para el intercambio directo de todos estos intervalos de memoria, entonces al menos el intervalo de memoria de pila -B- importante es intercambiado a la memoria -50- para no afectar de forma relevante al comportamiento en tiempo de ejecución del hilo de ejecución. Dependiendo de las direcciones de memoria en la memoria -50-, en las que son cargados nuevamente en la memoria -50- los intervalos de memoria -A1-, -A2-, -A3-, -B- intercambiados, se adaptan las referencias de objeto, por ejemplo, punteros, a las nuevas direcciones de memoria. El problema de las diferentes direcciones de memoria de los intervalos de memoria -A1-, -A2-, -A3-, -B- antes y después del intercambio también se puede solucionar, resolviendo las referencias de objeto respectivas como *offset* durante el primer intercambio y adaptándolas correspondientemente durante el intercambio posterior.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento en un soporte de almacenamiento de datos portátil (10) con un sistema operativo multihilo (42), que comprende los pasos que deben ser ejecutados por una gestión de memoria (44) del sistema operativo (42):
- seleccionar un hilo de ejecución que comprende al menos un objeto y está guardado en una memoria volátil (50) del soporte de almacenamiento de datos (10);
 - determinar al menos un objeto (A1, A2, A3) intercambiable del hilo de ejecución;
 - intercambiar tan solo el al menos un objeto (A1, A2, A3) determinado a una memoria persistente (60) del soporte de almacenamiento de datos (10).
- 10
- 15 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se determinan como objetos (A1, A2, A3) intercambiables aquellos objetos del hilo de ejecución seleccionado que no son referenciados por otros hilos de ejecución.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se intercambia una pila (B) del hilo de ejecución seleccionado.
4. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los datos (A1, A2, A3, B) que se van a intercambiar, se intercambian en forma compacta a la memoria persistente (60).
- 25 5. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el hilo de ejecución es seleccionado según una prioridad asignada al hilo de ejecución.
6. Procedimiento, según la reivindicación 5, **caracterizado por que** se modifica la prioridad del hilo de ejecución durante su tiempo de ejecución.
- 30 7. Soporte de almacenamiento de datos portátil (10), que comprende un procesador (30), una memoria volátil (50), una memoria persistente (60), un sistema operativo multihilo (42) con un dispositivo de gestión de memoria (44) y al menos una aplicación (64) ejecutable en el procesador (30) como al menos un hilo de ejecución, estando configurado el dispositivo de gestión de memoria (44) para seleccionar un hilo de ejecución, que comprende al menos un objeto y está guardado en la memoria volátil (50), determinar al menos un objeto (A1, A2, A3) intercambiable del hilo de ejecución e intercambiar tan solo el al menos un objeto (A1, A2, A3) determinado de la memoria volátil (50) a la memoria persistente (60).
- 35
8. Soporte de almacenamiento de datos (10), según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el dispositivo de gestión de memoria (44) está configurado para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.
- 40 9. Soporte de almacenamiento de datos (10), según una de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por que** el soporte de almacenamiento de datos (10) está realizado como tarjeta de chip, tarjeta multimedia segura, tarjeta de telefonía móvil o memoria USB.

FIG 1

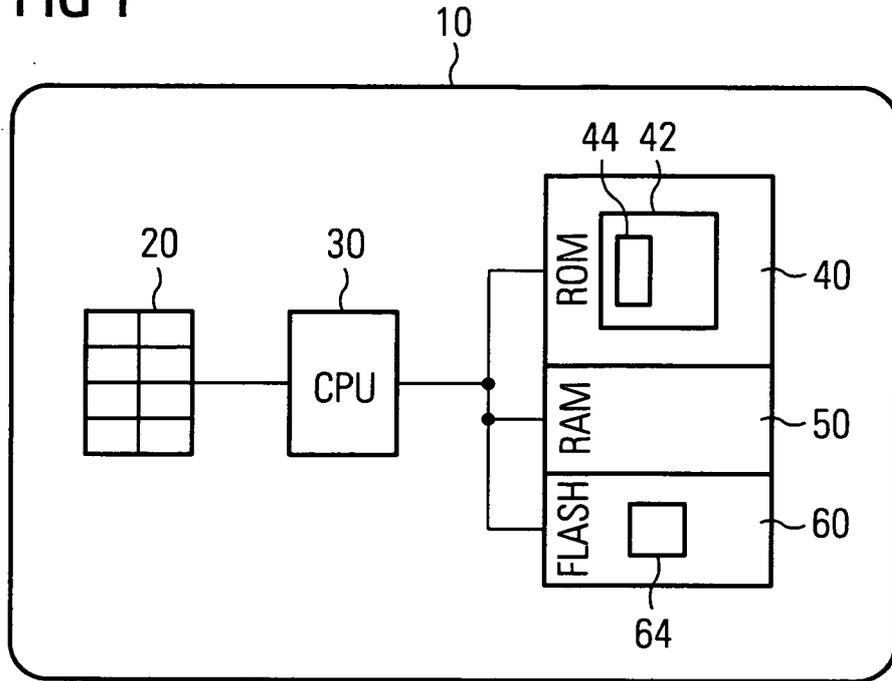


FIG 2

