

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年2月11日(11.02.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/016097 A1

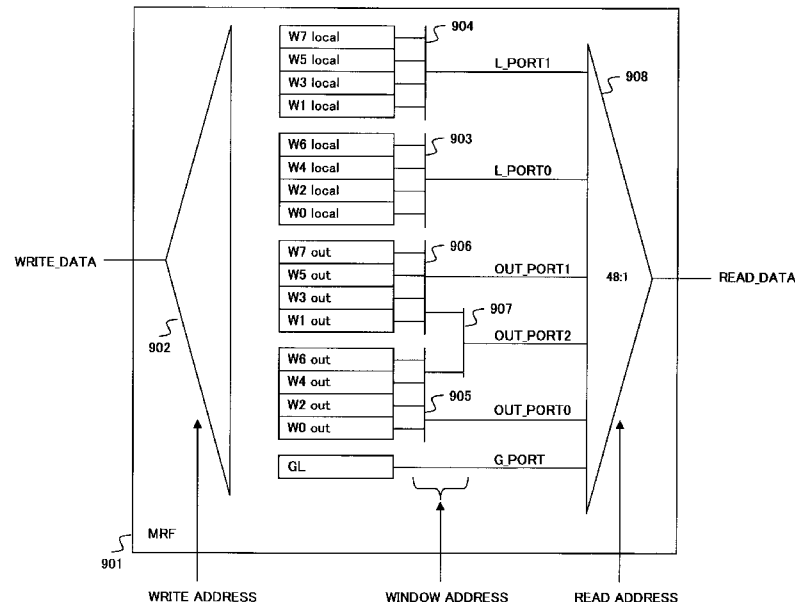
- (51) 国際特許分類:
G06F 9/34 (2006.01) G06F 9/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/002172
- (22) 国際出願日: 2008年8月8日(08.08.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社(FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大貫祥照(OHNUKI, Yoshiteru) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 大菅義之(OSUGA, Yoshiyuki); 〒1020084 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

- (54) Title: PROCESSING UNIT
- (54) 発明の名称: 演算処理装置

[図10]



(57) Abstract: In a processing unit using a register window system, a register file read portion is controlled in two levels by current window selection and register selection. A register to be selected in each of read ports is previously set for each port so that the register can be executed in an out-of-order manner. Consequently, data can be read to an operation unit without using a temporary memory and an instruction following a window switching instruction can be executed in an out-of-order manner.

(57) 要約: レジスタウィンドウ方式を採用する演算処理装置において、レジスタファイルの読み出し部分をカレントウィンドウ選択、レジスタ選択と2段階で制御するように構成し、かつ複数の読み出しポートにおいて選択されるレジスタを、アウトオブオーダー実行可能のように各ポートについて予め設定した。これにより、一時記憶を備えることなく演算部へのデータ読み出しが可能であり、かつウィンドウ切り替え命令の後続命令のアウトオブオーダー実行が可能である。

WO 2010/016097 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

演算処理装置

技術分野

- [0001] 本発明は、レジスタウィンドウ方式のレジスタファイルを備える演算処理装置に関わる。本発明は、レジスタファイルから高速読み出しのための一時記憶要素を用いずに、レジスタからの高速読み出しを実現する演算処理装置、およびその方法を含む。

背景技術

- [0002] RISC (Reduced Instruction Set Computer) アーキテクチャのプロセッサ（以下、RISCプロセッサと呼ぶ）は、レジスターレジスタ演算を中心としており、メモリアクセスを減少することにより処理の高速化を図っている。これをロードストア・アーキテクチャと称する。RISCプロセッサは、上記レジスターレジスタ演算の効率化のために大容量のレジスタファイルを備えている。このレジスタファイルとして、サブルーチン呼び出し時の引数の引き渡し（引数の退避／復帰）のオーバーヘッドを削減するように構成されたレジスタウィンドウ方式のレジスタファイルが知られている。

- [0003] 図1は、レジスタウィンドウ方式のレジスタファイルの構成を示す図である。

図1に示すレジスタファイル1000は、1本のレジスタウィンドウW globalと、8本のレジスタウィンドウW0～W7を有し、これらのうち、レジスタウィンドウW0～W7は論理的にリング状に連結されている。各レジスタウィンドウWk (k=0～7) はそれぞれ、Wk out、Wk in、およびWk localの3種類のセグメントを備えている。これら3種類のセグメントは、いずれも、8個のレジスタから構成されている。Wk localは各レジスタウィンドウ固有の8個のローカルレジスタを備えている。Wk inは8個のinレジスタ（インレジスタ）を備え、Wk outは8個のoutレジスタ（アウトレジスタ）を備えている。また、W globalは、全てのサブルーチンで共用される8個のグローバルレジスタ

を備えている。

[0004] Wk outは自ルーチンが呼び出すサブルーチンに引数を渡すために、Wk inは自ルーチンを呼び出した親ルーチンから引数を受け取るために使用される。レジスタファイル1000ではWk inとWk+1 out、およびWk outとWk-1 inがオーバーラップするように構成されているため、サブルーチンコール時において、引数の引き渡しとそのために使用するレジスタの確保を高速化できる。Wk localは、各サブルーチン、つまり親ルーチンから呼び出された子ルーチンが作業用のレジスタセットとして使用する。

[0005] 各サブルーチンは、実行時において、8本のレジスタウィンドウW0~W7のいずれか一つを使用する。ここで、実行中のサブルーチンが使用するレジスタウィンドウWk（カレントウィンドウと呼ばれる）は、サブルーチンコールが発生するたびに右回り（“SAVE”で示された破線の矢印の方向）に前記セグメント2個分回転し、サブルーチンの復帰時に左回り（“RESTORE”で示された破線の矢印の方向）に前記セグメント2個分回転するようになっている。

[0006] レジスタファイル1000においては、各レジスタウィンドウWkは、それぞれに割り当てられたレジスタウィンドウ番号（以下、ウィンドウ番号と呼ぶ）によって管理されている。レジスタウィンドウWkにはウィンドウ番号kが割り当てられる。実行中のサブルーチンが使用しているレジスタウィンドウWkのウィンドウ番号kはCWP（Current Window Pointer）に保持される。CWPの値は、SAVE命令の実行もしくはトラップ（trap）発生によってインクリメントされ、RESTORE命令の実行もしくはRETT命令によるトラップからの復帰によってデクリメントされる。図1ではCWPの値は“0”となっており、CWPはレジスタウィンドウW0を指定している。このように、CWPの値を増減させて、カレントウィンドウの切り替えを行う命令を、本明細書では、“ウィンドウ切り替え命令”と呼ぶことにする。

[0007] 図1に示すレジスタファイル1000は、1本のウィンドウW globalを有する。W globalは全てのルーチンで共用されるデータを格納するレジスタセ

ットである。

各レジスタウィンドウWkは24個（ $= 8 \times 3$ ）のレジスタを備えており、レジスタウィンドウW globalは8個のレジスタを備えている。これらのレジスタのうち、Wk inとWk outのレジスタが64個（ $= 8 \times 8$ ）オーバーラップしているので、レジスタファイル1000が備えるレジスタの総数は、136個（ $= 24 \times 8 + 8 - 64$ ）である。プロセッサの演算器がサブルーチンを実行するためには、レジスタファイル1000のそれら全てのレジスタにデータを読み書きできる必要がある。

[0008] この場合、このような大きなレジスタファイル1000からデータを読み出す回路の規模と速度が問題となる。この問題を解消するため、図2に示すような構成の演算処理装置が考案されている。

[0009] 図2に示す演算処理装置2000は、マスタレジスタファイル2001（以後、MRFと記載）ワーキングレジスタファイル2002（以後、WRFと記載）および演算部2003、制御部2004を有する。

[0010] 一般に、レジスタウィンドウ方式のレジスタファイルは、レジスタウィンドウ数が増えると、具備するレジスタの数が多くなり、演算器にオペランドを高速に供給することが困難となる。そのため、すべてのウィンドウを保持するレジスタファイルであるMRF2001に加えて、ポインタCWPで示されるMRF2001中の1つのウィンドウのコピーを保持するMRF2001のサブセットとしてWRF2002を保持し、このWRF2002よりデータの読み出しを行う。WRF2002はポインタで示されるウィンドウのコピーのみを保持する。WRF2002はMRF2001に比べて小さいので、制御部2004から読み出しのアドレスであるREAD_ADDRESSが供給されて読み出しを行う場合、データ読み出しを高速化できる。

[0011] 演算部2003には、MRF2001へのリネームレジスタROB2005を備え、演算結果のリネーミングを行う。更にコミット時にROB2005からMRF2001、WRF2002へと演算結果の書き戻しが行われる。

[0012] 以上のように、図2に示すような構成の演算処理装置が考案されているが、このような構成の場合、MRF中の1つのウィンドウのコピーを保持するMRFのサブセットを設ける点でハードウェアコストがかかる。更に、MRFとWRF間の転送を行うことで電力を消費する。

[0013] また、アウトオブオーダー(out-of-order)実行機能を備えたプロセッサの場合には、命令の実行順序はプログラムの順序とは限らず、処理可能な命令から実行していく。よってレジスタウィンドウ切り替え命令を追い越して命令の実行順序入れ替えを実現することも求められる。

特許文献1：特開平5-282147号公報「レジスタファイル」

発明の開示

[0014] そこで、本発明の課題は、レジスタウィンドウ方式を採用する演算処理装置において、レジスタ読出しに関連するハードウェアコストを低減すること、ワークバッファやバッファ間の転送にかかる消費電力をなくすことにある。また、アウトオブオーダー実行機能を備えた演算処理装置の場合には、レジスタウィンドウ切り替え命令を追い越して命令の実行順序入れ替えを実現することが必要である。

[0015] 本発明では、MRFの読み出し部分をカレントウィンドウ選択、レジスタ選択と2段階で制御するように構成した。そして、レジスタの読み出しポートにおいて選択されるレジスタを、アウトオブオーダー実行可能なように各ポートについて予め設定するように構成した。これにより一時記憶であるWRFを持つことなく、高速に演算部へのデータ読み出しが可能であり、かつ、ウィンドウ切り替え命令の後続命令のアウトオブオーダー実行も可能である。

[0016] 本発明によれば、従来の性能をほぼ保ったまま、WRFのハードウェア分のコストを削減できる。更に、WRFを使用しないことによる消費電力の削減、MRF-WRF間のデータ転送が無くなることによる消費電力の削減を図ることが可能である。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]レジスタウィンドウ方式のレジスタファイルの構成例を示す図である。

[図2] レジスタウィンドウ方式を採用する演算処理装置の従来の構成例を示す図である。

[図3] 本実施の形態における、レジスタウィンドウ方式を採用する演算処理装置の構成を示す図である。

[図4] レジスタウィンドウシステムの一般的な構成を説明する図である。

[図5] レジスタウィンドウシステムの改良構成例を示す図である。

[図6] パイプラインにおいてアウトオブオーダー処理を行う箇所を説明する図である。

[図7] S A V E 命令前後の命令実行パイプラインの一例を示す図である。

[図8] 読み出しの際の各ポートの割り当てを示す図である。

[図9] 従来のレジスタウィンドウシステムの具体的構成例を示す図である。

[図10] 本実施形態のレジスタウィンドウシステムの具体的構成例を示す図である。

[図11] 本実施の形態の情報処理装置の構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 以下、図面を参照して、レジスタウィンドウ方式のレジスタファイルを備える演算処理装置において、レジスタからの高速読み出しを実現する実施の形態の一例を説明する。

図3に、レジスタウィンドウ方式を採用する本実施形態の演算処理装置の構成を示す。

[0019] 演算処理装置0は、マスタレジスタファイル(MRF)1と、演算部3と制御部4を有する。図2の演算処理装置2000と比較すると、図3に示した演算処理装置0は、一時記憶であるWRF2002を備えない構成となっている。また、演算部3が備えるROB(リネームレジスタ)5は、演算結果のリネーミングを行う部分で、コミット時にMRF1に演算結果の書き戻しが行われる(write)。

[0020] 図3において、MRF1の読み出し部分を、カレントウィンドウ選択と、レジスタ選択との2段階で制御する。カレントウィンドウ選択は、制御部4

から出力されるWINDOW_ADDRESS信号によって制御される。WINDOW_ADDRESS信号はCWP (Current Window Pointer) の値に基づく信号である。また、レジスタ選択は、制御部4から出力されるREAD_ADDRESS信号によって制御される。

[0021] 更に、後述するように、レジスタ読出しポートが選択するレジスタをアウトオブオーダー実行可能なように予め設定する。これにより、本実施の形態では一時記憶を備えることなく、演算部3への高速なデータ読み出しが可能であり、かつ、SAVE命令、RESTORE命令の後続命令のアウトオブオーダー実行が可能である。。

[0022] このように本実施の形態では、WRFが不要となるため、その分ハードウェアのコストを削減することが可能である。また、WRFによる消費電力、MRF-WRF間転送がなくなることによる消費電力の削減を図ることができる。

[0023] 以下、演算処理装置0の構成をより詳しく説明する。

図1に示したように、MRF1のレジスタは、Wk local, Wk in, Wk outがそれぞれ8レジスタずつ、8ウィンドウ分(k=0~7)あり、またそれらとは別にW globalが8レジスタある。W globalレジスタはすべてのウィンドウで共通であり、ウィンドウ切り替えで影響がないため、以降の説明からは省略することとする。

[0024] 図4にレジスタウィンドウの構成を示す。レジスタウィンドウの特徴として、例えばk=1のW1 inは、k=0のW0 outと同じものである。よって本実施の形態では、図5に示すようにWk inレジスタは実装せず、Wk localレジスタとWk outレジスタを実装する。

[0025] 図6に、命令をパイプライン処理する際に、アウトオブオーダー処理を行う箇所を示す。図6に示すように、命令の実行時にはFetch(F)、Decode(D)、Dispatch(P)、Buffer read(B)、Execute(x)、Update buffer(U)、Commit(W)の各処理が実行される。図6に示すように、Dispatch(P)、Buffer Read(B)、Execute(X)、Update Buffer(U)でアウトオブオーダー処理(〇〇〇)が行われる

。

- [0026] 図7に、CWP = 1の命令、SAVE命令、およびCWP = 1の命令に後続するCWP = 2の命令がアウトオブオーダ実行される際の各命令の関係を示す。図7に示されるように、アウトオブオーダ実行を行うためには、SAVE命令が実質的に実行中の期間、即ち、SAVE命令の実行処理のうちDispatch(図示「P」)からUpdate buffer(図示「U」)までの処理を実行中の期間において、現在のCWPに対応するレジスタ群(図7ではCWP = 1)および現在のCWPの次のCWPに対応するレジスタ群(図7ではCWP = 2)のいずれのデータも読み出せなければならない。
- [0027] より具体的には、CWP = 1のは命令において読み出されるレジスタ群W global, W1 local, W1 out, W1 in (W0 out)であり、CWP = 2の命令において読み出されるレジスタ群W global, W2 local, W2 out, W2 in (W1 out)であるから、SAVE命令の後続命令のアウトオブオーダ実行を行うためには、レジスタ群W global, W2 local, W2 out, W1 local, W1 out, W0 outが読み出し可能である必要がある。
- [0028] また、SAVE命令に変えてRESTORE命令を実行する場合、図7と同様にCWP = 1の命令とRESTORE命令、後続のCWP = 0の命令がアウトオブオーダ実行を行うためには、CWP = 1のときに読み出されるレジスタ群であるW global, W1 local, W1 out, W1 in (W0 out)と、CWP = 0のときに読み出されるレジスタ群であるW global, W0 local, W0 out, W0 in (W7 out)との読み出しが可能でなければならない。つまり、この状況では、W global, W1 local, W1 out, W0 local, W0 out, W7 outが読み出し可能である必要がある。
- [0029] 以上のことから、アウトオブオーダ実行を可能にするためには、MRF 1からのレジスタ読出しの1段目のポートとして、6ポートが必要であることがわかる。以下、これらのポートをG_PORT(global)、L_PORT0、L_PORT1、OUT_PORT0、OUT_PORT1、OUT_PORT2とする。G_PORTにはグローバルレジスタ群が、L_PORTにはローカルレジスタ群が、OUT_PORTにはアウトレジスタ群が、それぞれ割り当てられる。

[0030] そして、たとえば $CWP = 1$ の命令に続くSAVE命令の実行時にはG_PORTにW globalレジスタ群が、L_PORT0にW2 localレジスタ群が、L_PORT1にW1 localレジスタ群が、OUT_PORT0にW0 outレジスタ群が、OUT_PORT1にW1 outレジスタ群が、OUT_PORT2にW2 outレジスタ群が、それぞれ割り当てられることになる。

[0031] これをまとめると、CWPの値によって各ポートへの読み出しレジスタ群を図8に示すように対応させればよいことになる。

図8において、例えば「W7/W1」のようなスラッシュで区切られた表記は、RESTORE命令実行時のアウトオブオーダ実行においては「W7」レジスタ群が、SAVE命令実行時のアウトオブオーダ実行においては「W1」レジスタ群が割り当てられることを示している。

[0032] 図8において、現在のCWPが $CWP = 0$ であってそれに続いてRESTORE命令が実行される場合のアウトオブオーダ実行を例に説明すると、L_PORT0およびL_PORT1には、ローカルレジスタ群が割り当てられるから、それぞれW0 localおよびW7 localの各ローカルレジスタ群が割り当てられ、OUT_PORT0、OUT_PORT1、およびOUT_PORT2には、アウトレジスタ群が割り当てられるから、それぞれW0 out、W7 out、W6 outの各アウトレジスタ群が割り当てられる。

[0033] 一方、現在のCWPが $CWP = 0$ であってそれに続いてSAVE命令が実行される場合のアウトオブオーダ実行を例に説明すると、L_PORT0およびL_PORT1には、それぞれW0 localおよびW1 localの各ローカルレジスタ群が割り当てられ、OUT_PORT0、OUT_PORT1、およびOUT_PORT2には、それぞれW0 out、W7 out、W1 outの各アウトレジスタ群が割り当てられる。以上のことから、MRF 1からのレジスタ読出しの1段階目としてのカレントウィンドウ選択において、WINDOW_ADDRESS信号に基づいて各レジスタの読み出しポートが選択するレジスタを、次のルール1～ルール6として示される動作アルゴリズムに基づいて割り当てることができる。尚、ウィンドウが0, 1, 2, ..., $2n$, $2n+1$ のレジスタウィンドウがあるとする。（「 n 」は任意の自然数である）また、 $CWP = 2n+1$ の次（ $CWP = 2n+2$ ）は $CWP = 0$ に回帰する。

[0034] ルール 1 $CWP = 2n$ の時 (SAVE・RESTORE 命令実行中以外) :

L_PORT0 = W_{2n} local
L_PORT1 = * (don't care の意)
OUT_PORT0 = W_{2n} out
OUT_PORT1 = $W_{(2n-1)}$ out
OUT_PORT2 = * (don't care の意)

ルール 2 $CWP = 2n+1$ の時 (SAVE・RESTORE 命令実行中以外) :

L_PORT0 = * (don't care の意)
L_PORT1 = $W_{(2n+1)}$ local
OUT_PORT0 = W_{2n} out
OUT_PORT1 = $W_{(2n+1)}$ out
OUT_PORT2 = * (don't care の意)

ルール 3 $CWP = 2n$ の時 (SAVE 命令実行中) :

L_PORT0 = W_{2n} local
L_PORT1 = $W_{(2n+1)}$ local
OUT_PORT0 = W_{2n} out
OUT_PORT1 = $W_{(2n-1)}$ out
OUT_PORT2 = $W_{(2n+1)}$ out

ルール 4 $CWP = 2n+1$ の時 (SAVE 命令実行中) :

L_PORT0 = $W_{(2n+2)}$ local
L_PORT1 = $W_{(2n+1)}$ local
OUT_PORT0 = W_{2n} out
OUT_PORT1 = $W_{(2n+1)}$ out
OUT_PORT2 = $W_{(2n+2)}$ out

ルール 5 $CWP = 2n$ の時 (RESTORE 命令実行中) :

L_PORT0 = W_{2n} local
L_PORT1 = $W_{(2n-1)}$ local
OUT_PORT0 = W_{2n} out

OUT_PORT1 = W(2n-1) out

OUT_PORT2 = W(2n-2) out

ルール 6 CWP = 2n+1 の時 (RESTORE 命令実行中) :

L_PORT0 = W2n local

L_PORT1 = W(2n+1) local

OUT_PORT0 = W2n out

OUT_PORT1 = W(2n+1) out

OUT_PORT2 = W(2n-2) out

[0035] 以上のルール 1 ~ 6 に基づいて、各ポートの読み出しにおいて、L_PORT0 には W(2n) local のレジスタ群からいずれか 1 つが選択され、L_PORT1 には W(2n+1) local のレジスタ群からいずれか 1 つが選択される。また、O_PORT0 には W(2n) out のレジスタ群からいずれか 1 つが選択され、O_PORT1 には W(2n+1) out のレジスタ群からいずれか 1 つが選択され、O_PORT2 には W(2n) out または W(2n+1) out のレジスタ群からいずれか 1 つが選択されればよいことがわかる。そして、各レジスタ読出しポートでは、CWP の値に基づく WINDOW_ADDRESS 信号、および SAVE 命令、RESTORE 命令をそれぞれ実行中か否かによって読み出すレジスタを選択すればよい。

[0036] 上述のレジスタ割り当ての原理に基づく本実施形態の具体的な構成について、従来の構成と対比させながら以下に説明する。図 9 は、図 3 に示される本実施形態の演算処理装置 0 におけるレジスタウィンドウシステムの構成例を示す図、図 10 は、従来のレジスタウィンドウシステムの構成例を示す図である。

[0037] 図 9 に示される本実施形態のレジスタウィンドウシステムの構成例において、W0 local、W2 local、W4 local、W6 local で示される 4 個のローカルレジスタ群から出力される 8 レジスタ値からなる各組は、セクタ 904 によっていずれかの組が選択されて、L_PORT0 ポートに出力される。

[0038] W1 local、W3 local、W5 local、W7 local で示される 4 個のローカルレジスタ群から出力される 8 レジスタ値からなる各組は、セクタ 905 に

よっていずれかの組が選択されて、L_PORT1ポートに出力される。

[0039] W0 out、W2 out、W4 out、W6 outで示される4個のローカルレジスタ群から出力される8レジスタ値からなる各組は、セクタ905によっていずれかの組が選択されて、OUT_PORT0ポートに出力され、また、セクタ905および907によっていずれかの組が選択されて、OUT_PORT2ポートに出力される。

[0040] W1 out、W3 out、W5 out、W7 outで示される4個のローカルレジスタ群から出力される8レジスタ値からなる各組は、セクタ906によっていずれかの組が選択されて、OUT_PORT1ポートに出力され、また、セクタ906および907によっていずれかの組が選択されて、OUT_PORT2ポートに出力される。

[0041] GLで示されるグローバルレジスタ群から出力される8レジスタ値からなる組は、G_PORTポートに出力される。

L_PORT0、L_PORT1、OUT_PORT0、OUT_PORT1、OUT_PORT2、およびG_PORTの6ポートに出力されたそれぞれ8レジスタ値からなる合計 $8 \times 6 = 48$ レジスタ値は、セクタ908によって1つのレジスタ値が選択されて、READ_DATA（読出しデータ）として出力される。なお、セクタ908中の「48 : 1」は、48レジスタ値から1レジスタ値を選択出力することを意味する。

[0042] 図9に示される本実施形態のレジスタウィンドウシステムの構成において、CWPの値に基づくWINDOW_ADDRESS信号、およびSAVE命令またはRESTORE命令の実行状態に基づいて、前述したルール1～6の動作アルゴリズムに従って、セクタ903～907が、各レジスタ群出力を選択するように動作する。この動作アルゴリズムは、簡単な論理回路によって構成することが可能である。そして、セクタ908に供給されるREAD_ADDRESS信号は、48レジスタ値から1レジスタ値を選択させる信号でよい。なお、WRITE_ADDRESS信号は、セクタ902を制御して、WRITE_DATA（書込みデータ）を、各レジスタ群に書き込ませる。

[0043] このように、本実施形態では、WINDOW_ADDRESS信号もしくはMRF901

に保持されるデータが変わらない場合は、WINDOW_ADDRESS信号とREAD_ADDRESS信号による簡単なアドレス指定によって、高速なデータ読出しが可能になる。以下に説明する図10の従来構成に比較して、ワーキングレジスタファイル(WRF)が不要な分だけハードウェア量を削減することが可能となる。但し、WINDOW_ADDRESS信号もしくはMRF901に保持されるデータが変化した場合は、図3に示されるROB5からの読み出しで対応をするように構成することができる。

[0044] 次に、図10に示される従来のレジスタウィンドウシステムの構成例において、マスタレジスタファイル(MRF)1001は、W0 local~W7 localで示される8個のローカルレジスタ群と、W0 out~W7 outで示される8個のアウトレジスタ群と、GLで示されるグローバルレジスタ群とを有する。なお、8個のインレジスタ群W0 in~W7 inはそれぞれ、8個のアウトレジスタ群W7 out, W0 out~W6 outと共用される。

[0045] 一方、ワーキングレジスタファイル(WRF)1002は、MRF1001における或るCWP値においてMRF1001から出力された選択された1組のグローバルレジスタ群の8レジスタ値、選択された1組のローカルレジスタ群の8レジスタ値、選択された1組のインレジスタ群(=アウトレジスタ群)の8レジスタ値、及び選択された1組のアウトレジスタ群の8レジスタ値をそれぞれ保持するGレジスタ群1005、Lレジスタ群1006、INレジスタ群1007、及びOUTレジスタ群1008と、MRF1001からのローカルレジスタ群W0 local~W7 localまたはグローバルレジスタ群GLのいずれかの現在の8レジスタ出力値を一時保持するG/Lレジスタ群1003と、同じくMRF1001からのアウトレジスタ群W0 out~W7 outのいずれかの現在の8レジスタ出力値を一時保持するIOレジスタ群1004と、G/Lレジスタ群1003、IOレジスタ群1004、またはWRITE_DATA(書込みデータ)を選択して1005~1008のレジスタ群に保持させるセクタ1009と、レジスタ群1003~1008の6レジスタ群、即ち、 $6 \times 8 = 48$ レジスタ群のうちの1レジスタ値を選択してREAD_DATA

(読出しデータ)として出力するセクタ1010とを有する。なお、セクタ1010中の「48:1」は、48レジスタ群から1レジスタを選択することを意味する。

[0046] 上述の構成を有する図10の従来のレジスタウィンドウシステムにおいて、読出し動作時には、MRF1001における現在のCWP値に対応する読出しデータは、MRF1001中の各レジスタ群の出力からG/Lレジスタ群1003及びIOレジスタ群1004及びセクタ1009を介して、WRF1002内のレジスタ群1005~1008に常に保持される。また、書込み動作時には、MRF1001における現在の書込みデータは、MRF1001中のセクタ1009を介して、WRF1002内のレジスタ群1005~1008に保持される。従って、READ_ADDRESSとして、上記レジスタ群1005~1008、または1003、1004のいずれかを選択するアドレス信号をセクタ1010に供給するだけで、現在のCWPが指し示すデータを、READ_DATAとして高速に読み出すことが可能となる。なお、アウトオブオーダー実行等を考慮して、セクタ1010は、現在のMRF1001の出力であるレジスタ群1003及び1004の出力も選択することができるように構成されている。

[0047] 図10に示される従来のレジスタウィンドウシステムの構成例では、MRF1001に加えてWRF1002が具備されることにより、高速なデータ読出しが実現されているが、前述したように、WRF1002のためのハードウェア構成が増加してしまうという問題点を有している。

[0048] 以上、図9に示される本実施形態の構成と図10に示される従来例の構成とを比較すれば、本実施形態の優位性は明らかである。

ここまで、本実施の形態の演算処理装置0の構成を詳細に説明した。上述したように、本実施の形態の演算処理装置0では、図3のMRF1の読み出し部分をCWPの値、すなわちカレントウィンドウの番号によって選択するカレントウィンドウ選択(WINDOW_ADDRESS)と、読み出しアドレスに相当するREAD_ADDRESSにより読み出しレジスタを選択する2段階で制御する。カレント

ウィンドウ選択においては、カレントウィンドウ番号に基づいてウィンドウ番号が偶数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第1のローカルレジスタ読出しポート（L_PORT0）と、カレントウィンドウ番号に基づいてウィンドウ番号が奇数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第2のローカルレジスタ読出しポート（L_PORT1）と、カレントウィンドウ番号に基づいてウィンドウ番号が偶数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第1のアウトレジスタ読出しポート（OUT_PORT0）と、カレントウィンドウ番号に基づいてウィンドウ番号が奇数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第2のアウトレジスタ読出しポート（OUT_PORT1）と、カレントウィンドウ番号に基づいてアウトレジスタ群からレジスタを選択する第3のアウトレジスタ読出しポート（OUT_PORT2）によりレジスタの選択が行われる。

[0049] このような構成により本実施の形態の演算処理装置は、一時記憶であるWRFを用いずに、レジスタからの高速読み出しを実現することができ、かつ、ウィンドウ切替命令の後続命令のアウトオブオーダー実行も可能である。

[0050] これにより、WRFのハードウェア分のコストを削減できる。また、WRFを使用しないことにより消費電力の削減、および、MRF-WRF間のデータ転送が無くなることによる消費電力の削減が可能である。

[0051] 以上、図面を参照しながら本実施の形態の一例を説明したが、本発明は上述した演算処理装置を含む情報処理装置としても構成することができる。

図11に情報処理装置の構成の一例を示す。情報処理装置110は、演算ユニット112、メモリ111、命令制御ユニット113、キャッシュ115を含むキャッシュ制御ユニット114を有する。上述した演算処理装置0は演算ユニット112に対応する。図3に示した制御部4が演算制御部116に、演算部3が演算部118、MRF1がレジスタ部117に対応する。

[0052] 情報処理装置110は、上述した演算処理装置0を採用して構成されることで、ハードウェアコストを低減させることができ、また消費電力も低減することが可能である。

以上のように、本発明の実施の形態の一例について詳細に説明したが、本

発明はこれに限定されるものではなく、本実施の形態の要旨を逸脱しない範囲内で様々な構成または形状をとることができることは言うまでもない。

請求の範囲

[1] 演算処理を行う演算部と、

各々N本のレジスタを備えたK枚のウィンドウを有し、各ウィンドウを構成する一部のレジスタは両隣のウィンドウを構成するレジスタと共有され、該共有部分をサブルーチン呼び出し時の引数の引き渡しに使用するように構成されたレジスタウィンドウと、前記K枚のウィンドウのうちの1枚を選択するカレントウィンドウ選択手段と、読み出しアドレスにより読み出しレジスタを選択するレジスタ選択手段と、を備えるレジスタファイルと、

前記レジスタファイルにおいてカレントウィンドウ選択手段においてウィンドウを選択するためのウィンドウアドレス信号を出力する制御部と、
を備えることを特徴とする演算処理装置。

[2] 前記カレントウィンドウ選択手段は、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第1のローカルレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第2のローカルレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第1のアウトレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第2のアウトレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタ群からレジスタを選択する第3

のアウトレジスタ読出しポートと、

を備えることを特徴とする請求項 1 記載の演算処理装置。

[3] 演算処理を行う演算部と、

複数のレジスタから構成されるレジスタファイルで、該レジスタファイルを各々N本のレジスタを備えたK枚のウィンドウに分割し、各ウィンドウは各々一部のレジスタを両隣のウィンドウと共有し、該共有部分をサブルーチン呼び出し時の引数の引き渡しに使用するように構成されたレジスタウィンドウを備えるレジスタファイルであって、前記K枚のウィンドウのうちの1枚を選択するカレントウィンドウ選択手段と、読み出しアドレスにより読み出しレジスタを選択するレジスタ選択手段と、を備えるレジスタファイルと、

前記レジスタファイルにおいてカレントウィンドウ選択手段においてウィンドウを選択するためのウィンドウアドレス信号を出力する制御部と、

を含む演算処理装置を有することを特徴とする情報処理装置。

[4] 前記カレントウィンドウ選択手段は、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第1のローカルレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のローカルレジスタ群からレジスタを選択する第2のローカルレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第1のアウトレジスタ読出しポートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のアウトレジスタ群からレジスタを選択する第2のアウトレジスタ読出しポ

ートと、

前記ウィンドウアドレス信号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタ群からレジスタを選択する第3のアウトレジスタ読出しポートと、

を備えることを特徴とする請求項3記載の情報処理装置。

- [5] 複数のレジスタから構成されるレジスタファイルで、該レジスタファイルを各々N本のレジスタを備えたK枚のウィンドウに分割し、各ウィンドウは各々一部のレジスタを両隣のウィンドウと共有し、該共有部分をサブルーチン呼び出し時の引数の引き渡しに使用するように構成されたレジスタウィンドウを備えるレジスタファイルの読み出し方法であって、

前記K枚のウィンドウのうちの1枚を選択する第1のステップと、

前記選択されたウィンドウレジスタから、読み出しアドレスにより読み出しレジスタを選択する第2のステップと、

からレジスタを読み出すことを特徴とするレジスタファイルの読み出し方法。

- [6] 前記第1のステップにおいて、前記K枚のウィンドウをそれぞれ識別するためのウィンドウ番号のうち1つがカレントウィンドウ番号として選択され、

前記カレントウィンドウ番号に基づいて、第1のローカルレジスタ読出しポートにおいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のローカルレジスタ群からレジスタを選択し、

前記カレントウィンドウ番号に基づいて、第2のローカルレジスタ読出しポートにおいて、前記サブルーチンの作業用レジスタであるローカルレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のローカルレジスタ群からレジスタを選択し、

前記カレントウィンドウ番号に基づいて、第1のアウトレジスタ読出しポートにおいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられる

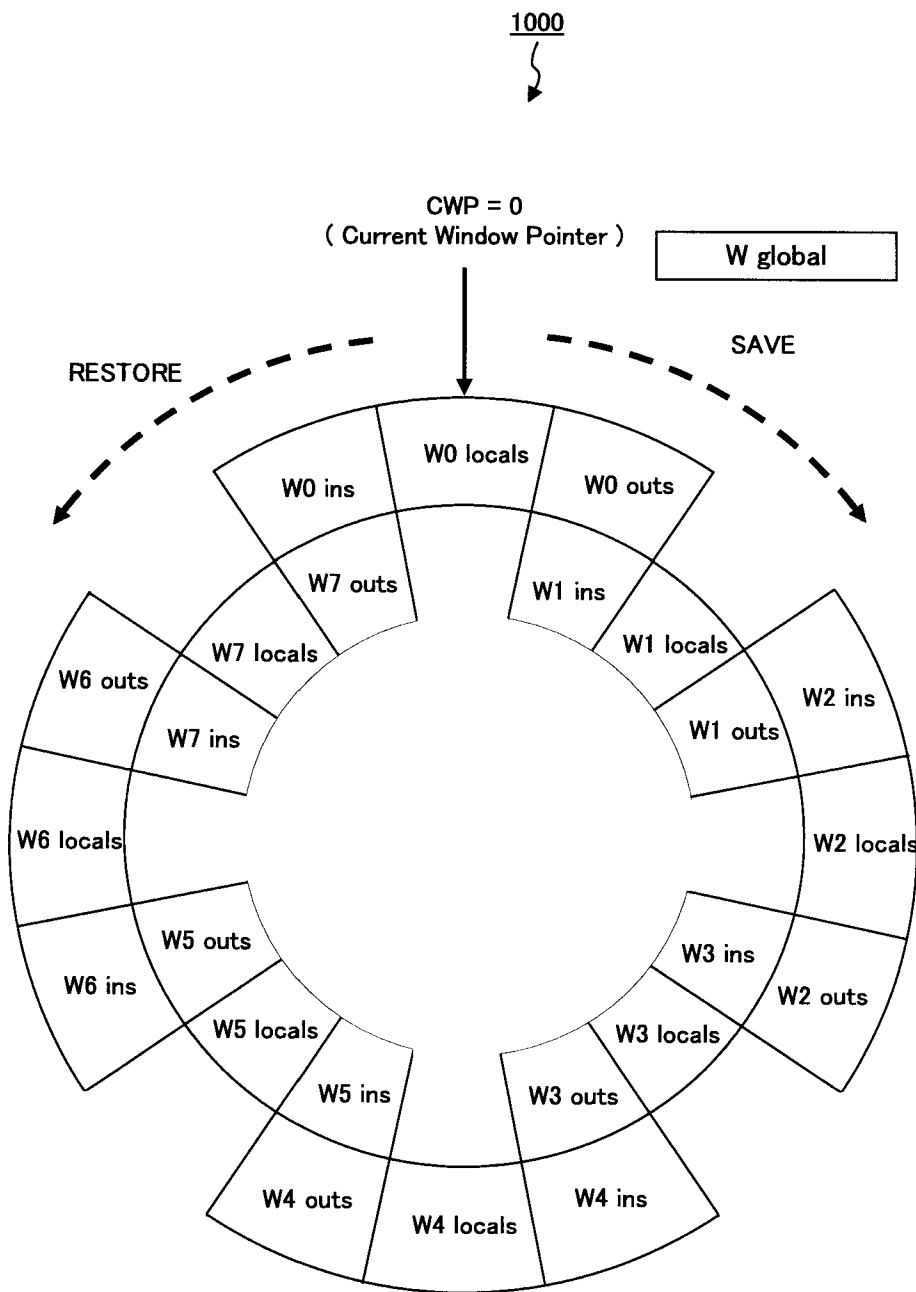
アウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が偶数のアウトレジスタ群からレジスタを選択し、

前記カレントウィンドウ番号に基づいて、第2のアウトレジスタ読出しポートにおいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタのうち、ウィンドウ番号が奇数のアウトレジスタ群からレジスタを選択し、

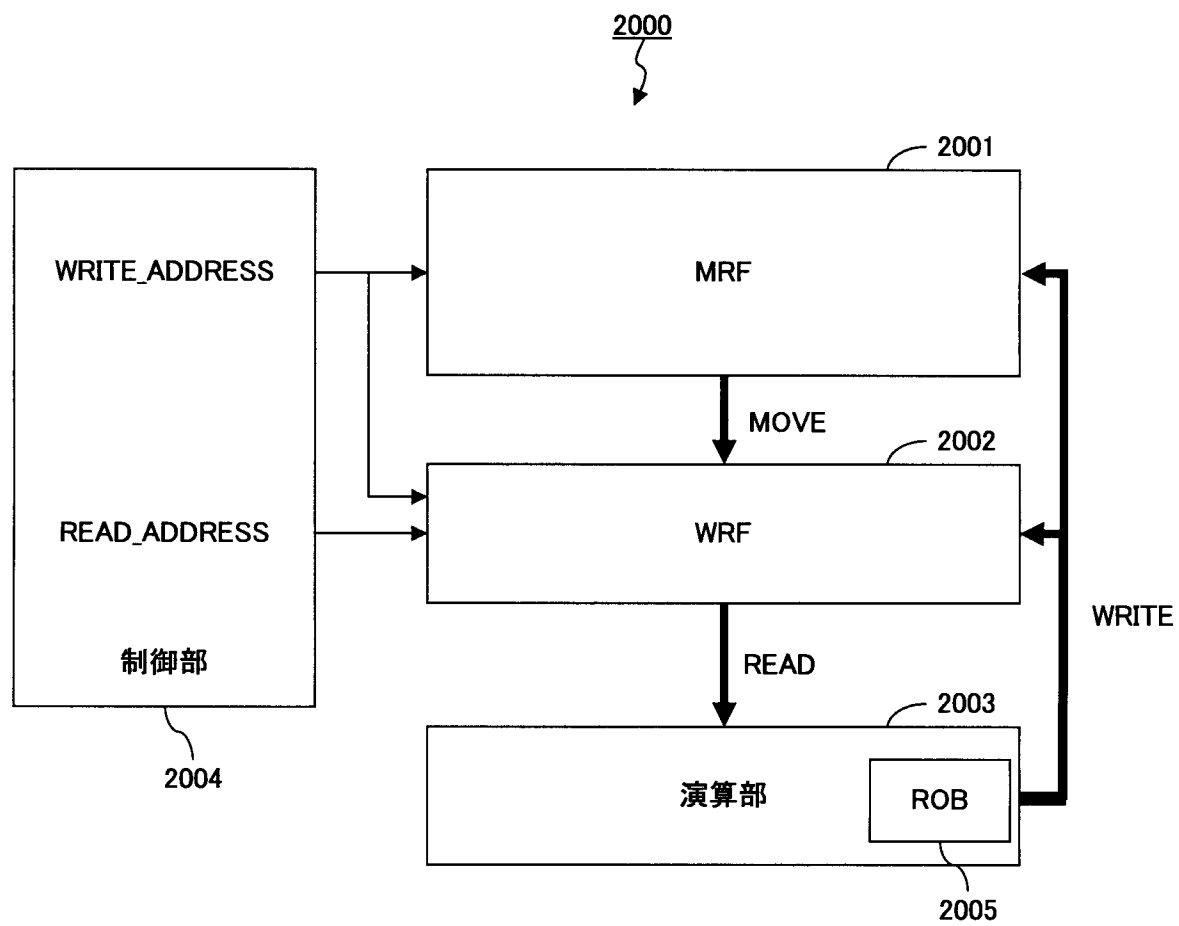
前記カレントウィンドウ番号に基づいて、前記サブルーチンの呼出し時の引数の引き渡しに用いられるアウトレジスタ群からレジスタを選択する、

ことを特徴とする請求項5記載のレジスタファイルの読み出し方法。

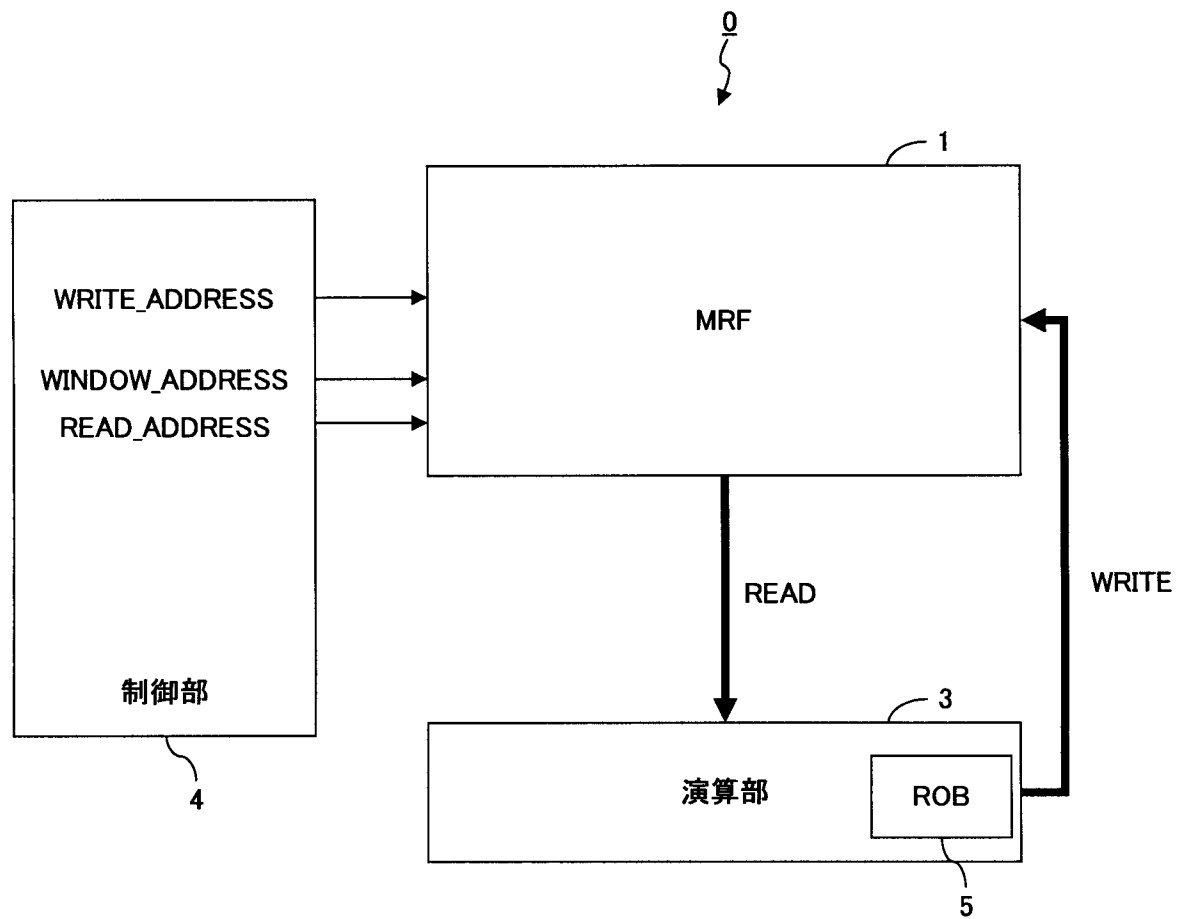
[図1]



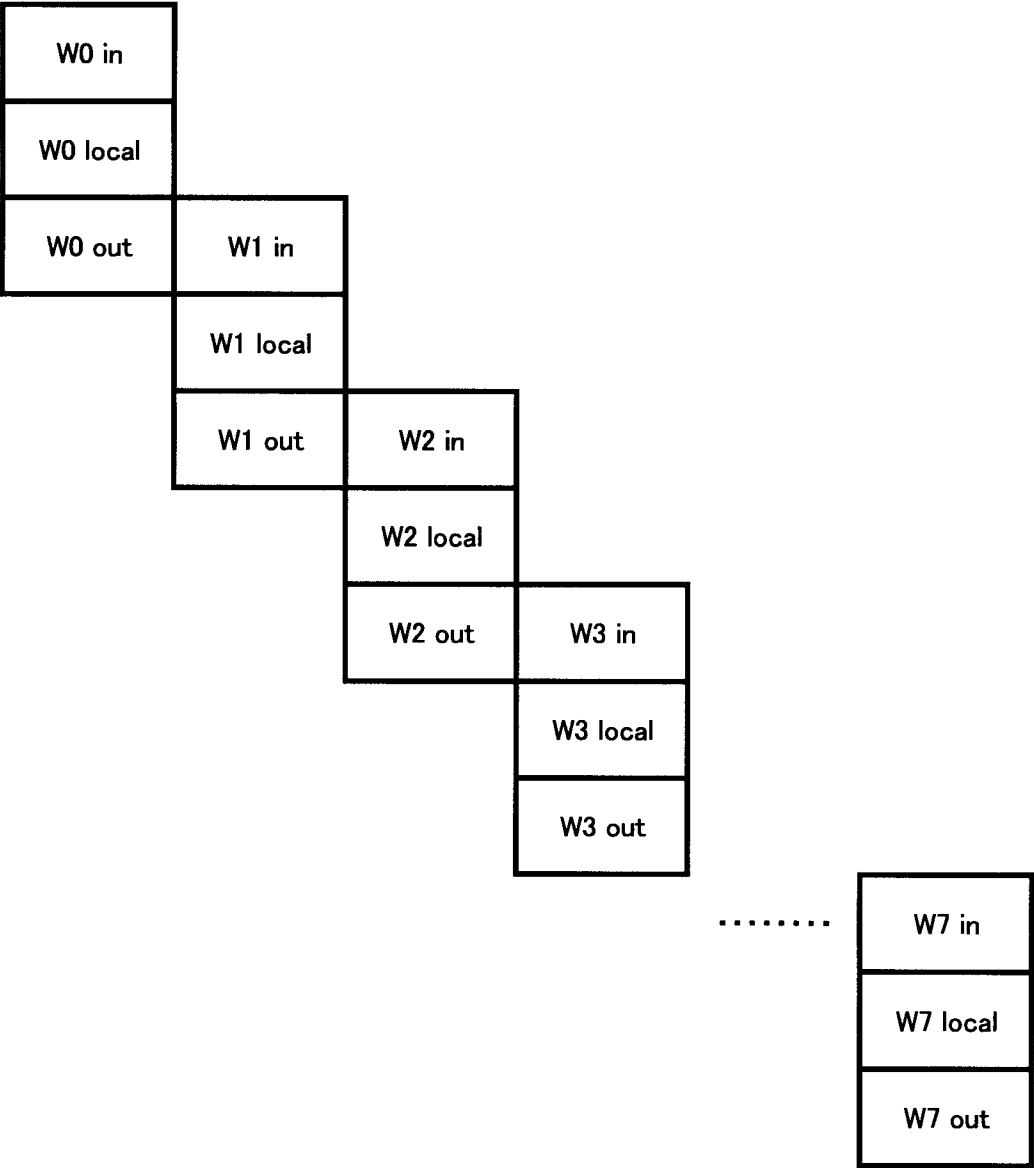
[図2]

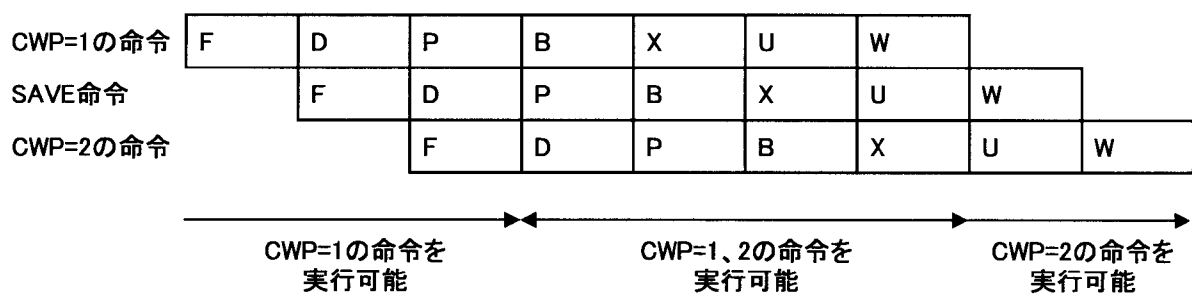
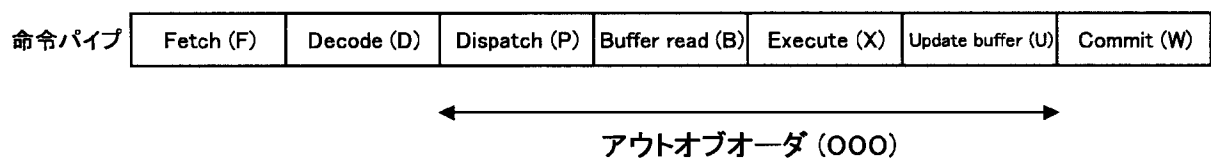
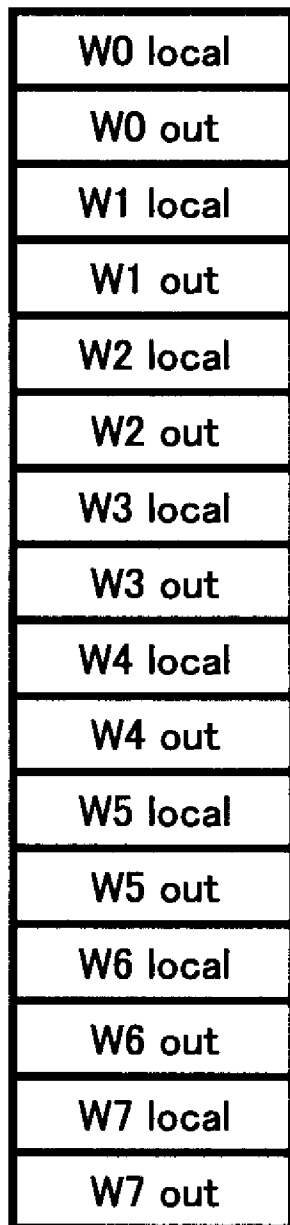


[図3]



[図4]

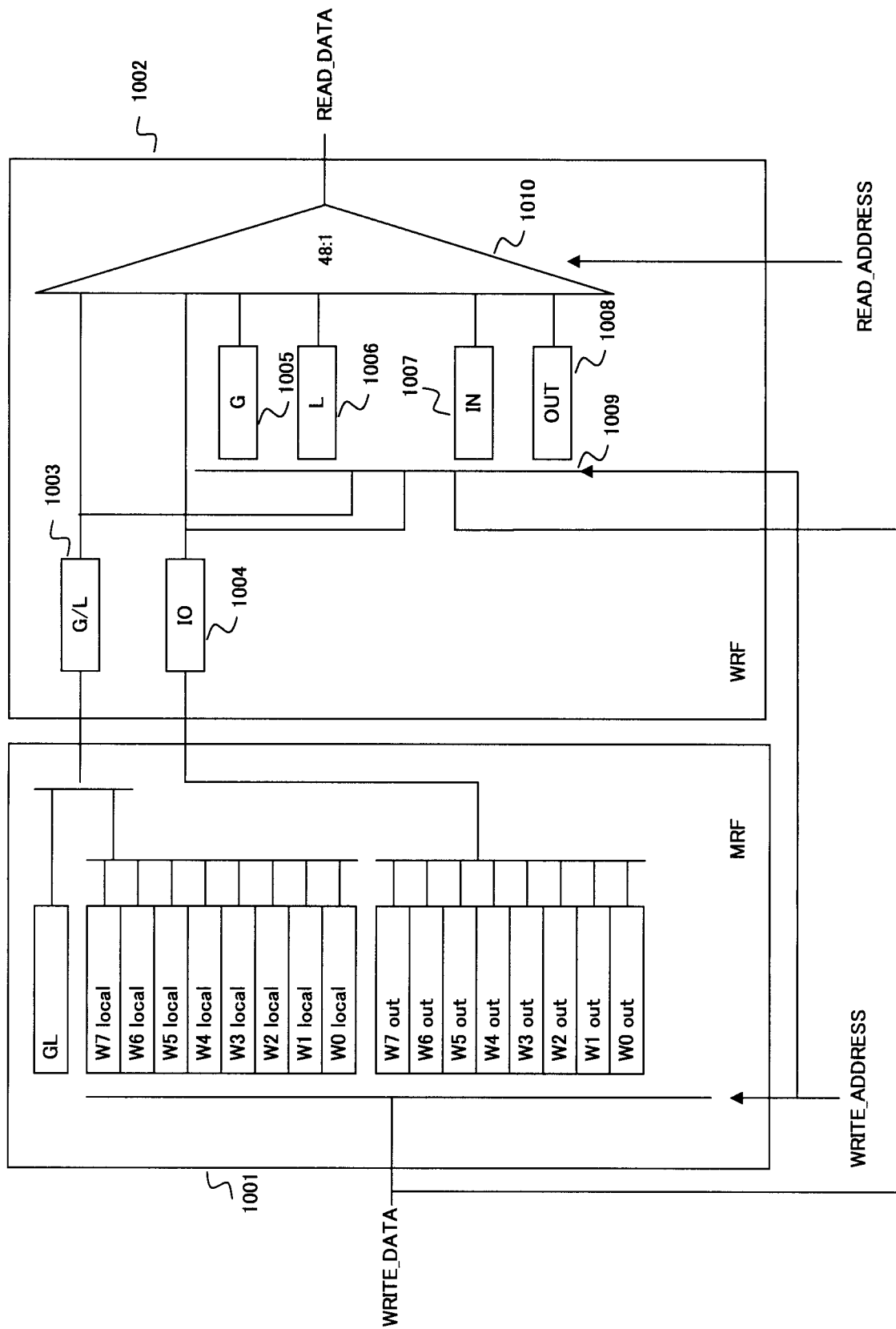




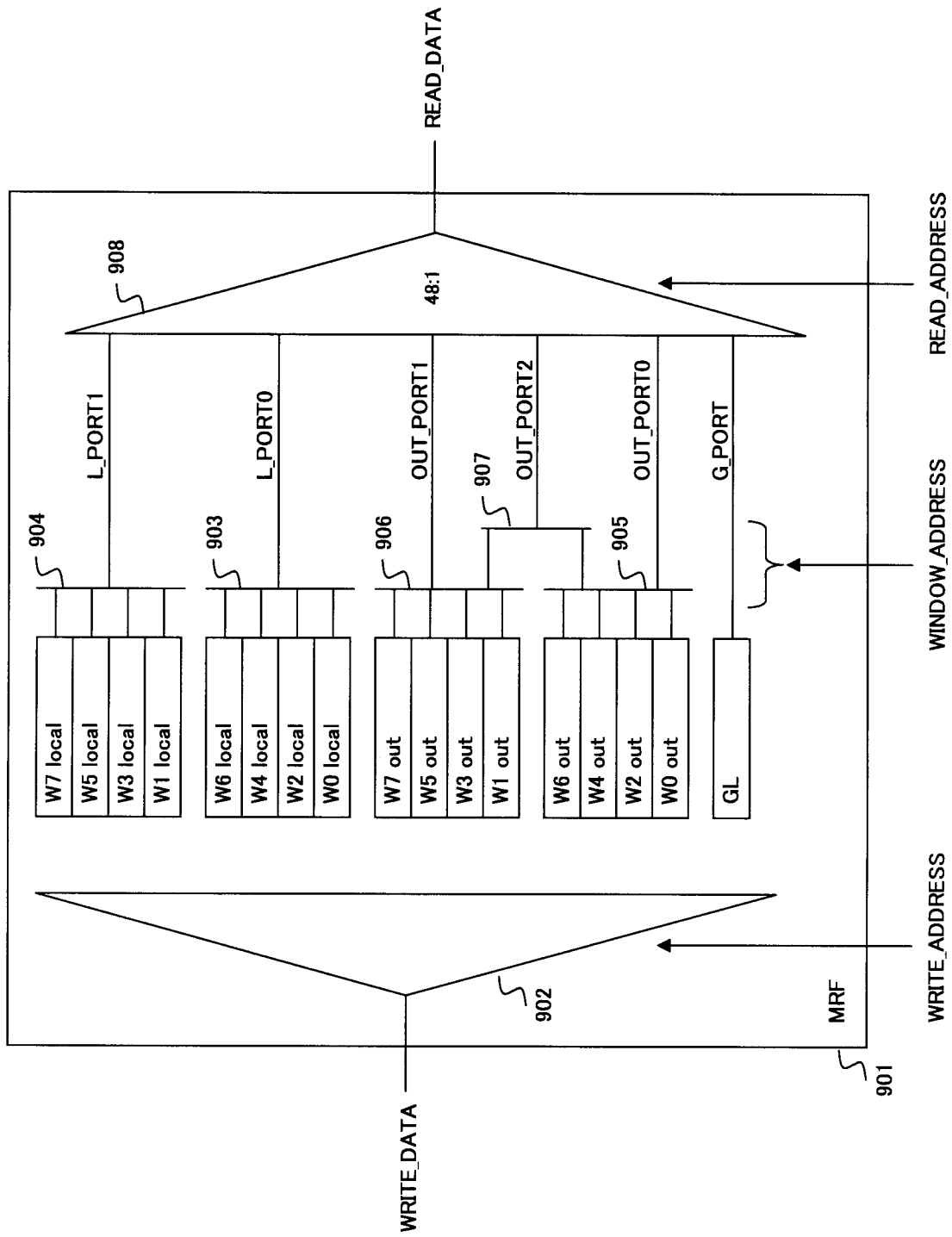
[図8]

CWP	L_PORT0	L_PORT1	OUT_PORT0	OUT_PORT1	OUT_PORT2
0	W0	W7/W1	W0	W7	W6/W1
1	W0/W2	W1	W0	W1	W7/W2
2	W2	W1/W3	W2	W1	W0/W3
3	W2/W4	W3	W2	W3	W1/W4
4	W4	W3/W5	W4	W3	W2/W5
5	W4/W6	W5	W4	W5	W3/W6
6	W6	W5/W7	W6	W5	W4/W7
7	W6/W0	W7	W6	W7	W5/W0

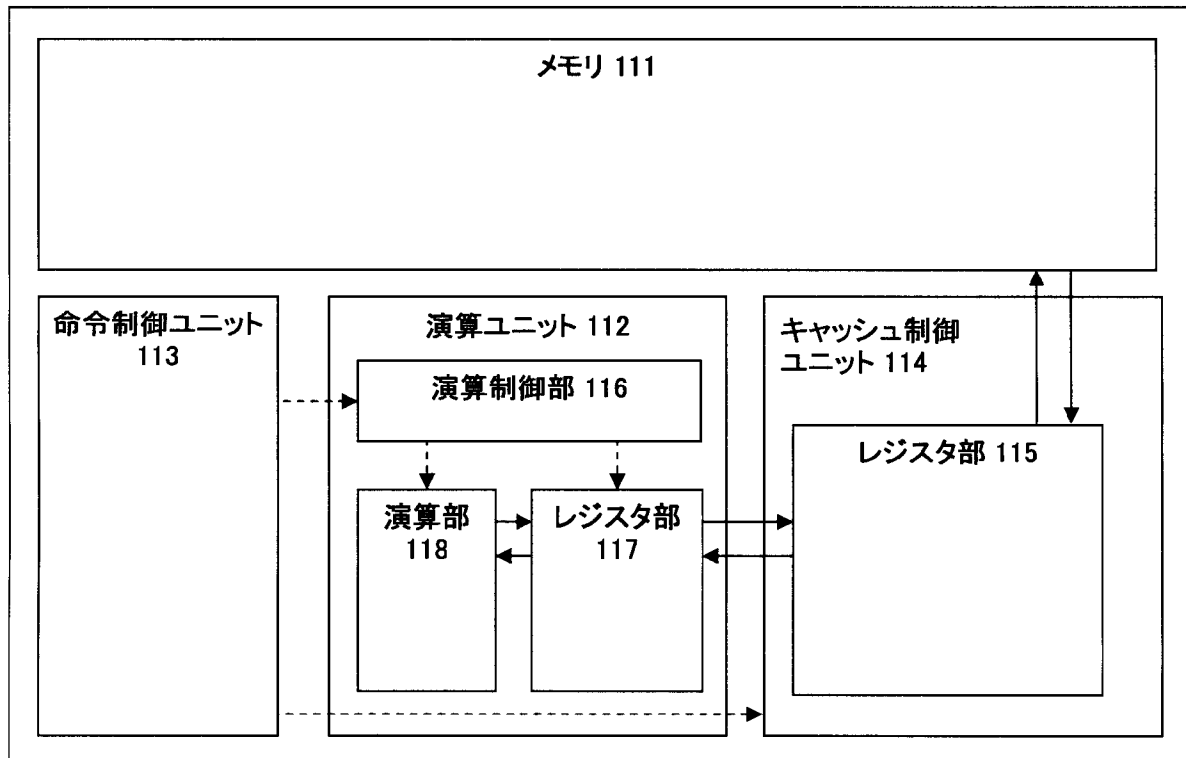
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/002172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F9/34(2006.01) i, G06F9/40(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F9/34, G06F9/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	Ben J. Catanzaro, "The SPARC Technical Papers", Springer-Verlag, 1991, P.14, 60-61, 235-237	1, 3, 5 2, 4, 6
X A	JP 5-282147 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 October, 1993 (29.10.93), Par. Nos. [0063] to [0070]; Figs. 11, 12 & US 5392411 A	1, 3, 5 2, 4, 6
A	JP 5-20010 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 January, 1993 (29.01.93), Par. Nos. [0020] to [0031]; Fig. 1 (Family: none)	2, 4, 6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 September, 2008 (01.09.08)

Date of mailing of the international search report
09 September, 2008 (09.09.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F9/34(2006.01)i, G06F9/40(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F9/34, G06F9/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	Ben J. Catanzaro, "The SPARC Technical Papers", Springer-Verlag, 1991, P. 14, 60-61, 235-237	1、3、5 2、4、6
X A	JP 5-282147 A（松下電器産業株式会社）1993. 10. 29, 段落【0063】～【0070】、図11、図12 & US 5392411 A	1、3、5 2、4、6
A	JP 5-20010 A（松下電器産業株式会社）1993. 01. 29, 段落【0020】～【0031】、図1（ファミリーなし）	2、4、6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 9 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 9 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

久保 正典

5 B

4 1 7 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 4 5