

計算機アーキテクチャ レポート3

(2007 年 11 月 26 日課題)

提出様式:回答はA4用紙で、様式は自由。下記の内容を1 ページ目の最初に書く。

**** 計算機アーキテクチャレポート3 学籍番号 氏名 ****

提出方法:12 月 10 日講義時に提出。二重聴講など講義を欠席する場合は、情報事務室(G棟4 階)に提出。

その他:解答を後に配布するので、提出する前に解答をコピーして保管しておくこと。解答はWeb (<http://monch.ics.es.osaka-u.ac.jp/lecture/arch/2007/>) に表示する。

〔問 1〕

命令の実行制御を逐次的に行う計算機があり、下表の 4 種類の命令を持つ。それぞれの命令について、キャッシュ・アクセスでミスしなかった場合の実行に要するクロック数、ならびにあるプログラムを実行した場合の実行頻度を表中に示す。

命令の種類	実行に要するクロック数	実行頻度
演算命令	4 クロック	3 0 %
ロード命令	5 クロック	2 0 %
ストア命令	4 クロック	1 0 %
分岐命令	3 クロック	4 0 %

- (1) キャッシュ・アクセスにミスがなく、このプログラムを実行したとき、①命令の実行に要する平均クロック数 (C P I : Clock/Instruction) を求めよ。
- (2) 命令あるいはオペランドの読み出しで、ヒットした (キャッシュに該当のブロックが存在する) 場合は 1 クロック、ミスした場合は 5 クロック要するものとする。また、書き込みは、ストア・イン (ライトバック) 方式を採用しており、読み出しと同様にヒットした場合は 1 クロック、ミスした場合は 5 クロック要するものとする。
命令の読み出しのヒット率が 9 8 %、オペランドの読み出し／書き込みのヒット率が 9 5 % の場合について、このプログラムを実行したときの C P I を求めよ。なお、演算命令はレジスタ間で演算を行うとする。

〔問 2〕 機械語 (machine word) の 1 命令が 5 ステージで実行されるプロセッサを考える。

5 つのステージとは IF (Instruction Fetch) ステージ、ID (Instruction Decode) ステージ、EX (EXecution) ステージ、MEM (MEMory) ステージ、WB (Write Back) ステージである。以下の各小問に答えよ。

(1) 以下の空欄 (a)～(e) に入る適切な語句を①～⑧より選択せよ。

パイプライン処理 (pipeline processing) は、複数の命令を少しずつずらして (a) に実行する方式である。パイプラインを構成する 5 つのステージの役割は以下の通りである。

IF ステージでは、プログラムカウンタ中のアドレスを用いてメモリから命令が読み出される。ID ステージでは、命令の (b) とレジスタ (c) が行われる。それに続く EX ステージでは命令操作の実行またはアドレスの (d) が行われる。MEM ステージではメモリ中のオペランドへのアクセスが行われる。WB ステージでは実行結果のレジスタ (e) が行われる。

- ① 生成 ②消滅 ③エンコード ④デコード
⑤ 読み出し ⑥書き込み ⑦同時並列的 ⑧順次直列的

(2) 5 つのステージを処理する機能ブロックの遅延時間 (delay time) を表 1 に示す。表 1 を用いて以下の各小問に答えよ。ただし、表 1 に記載されている機能ブロック以外の遅延時間は考慮しないものとする。

表 1 : 各ステージを処理する機能ブロックの遅延時間

	IF	ID	EX	MEM	WB
遅延時間	2ns	1ns	2ns	2ns	1ns

(n=10)

(2-1) これらの機能ブロックを用いて逐次処理 (sequential processing) を行う (パイプライン処理を行わない) プロセッサを構成した場合において、1 命令の実行時間 (execution time) を示せ。

(2-2) これらの機能ブロックを用いてパイプライン処理を行うプロセッサを構成した場合において、1 命令の実行時間を示せ。また、1 秒あたりの最大処理命令数 (パイプラインの乱れがない場合の処理命令数) はいくらか (パイプラインの乱れがない場合)。

(3) 加算命令 add と減算命令 sub とレジスタ Rn (n=1,2...)を用いた以下の 3 命令を実行した。

add R1, R2, R3: R2+R3 の結果を R1 に格納する。

sub R4, R1, R5: R1-R5 の結果を R4 に格納する。

add R6, R7, R8: R7+R8 の結果を R6 に格納する。

そのとき、図 1 に示すような 3 クロックサイクル (6ns) のハザード (hazard, パイプラインの乱れ)が発生した。以下の各小問に答えよ。

(3-1) 3 クロックサイクルにわたるハザードが発生した原因を簡潔に述べよ。なお、次の 3 単語を用いること。 「add 命令」、 「sub 命令」、 「WB ステージ」

(3-2) このハザードを回避または削減するためにはどうすればよいか。回避または削減のいずれか一方の手法について簡潔に述べよ。またその結果、上記 3 命令の実行に要する時間が 20ns から何 ns に変化するかを答えよ。

【問3】浮動小数点の加減算では次の8つの操作からなる。各処理の順序関係を示せ。

- ① 加数と被加数の指数の差を求める。
- ② 大きいほうの指数を、答えの仮の指数とする。
- ③ 指数が小さい方の仮数を、指数の差だけ右にシフトする。
- ④ 仮数の加減算を行う。
- ⑤ 答えの正負の符号を求める。
- ⑥ 演算結果の仮数の正規化に必要なシフト桁数を求める。
- ⑦ 演算結果の仮数を左にシフトするとともに丸めを行う。
- ⑧ シフト数だけ仮の指数を補正する。

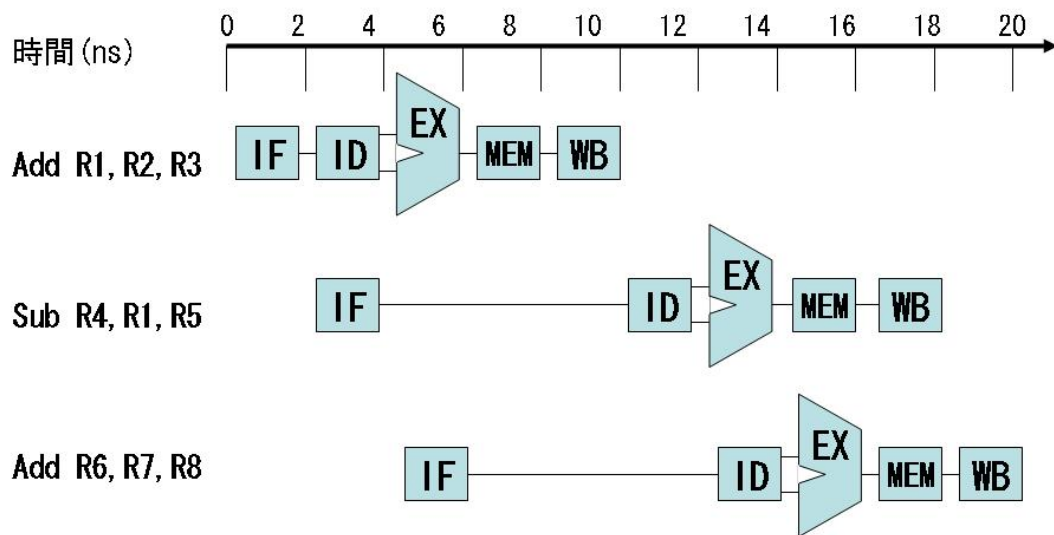


図1 3命令のパイプライン処理過程の模式図