

Systemy komputerowe

Lista zadań nr 8

Na ćwiczenia 17 i 18 kwietnia 2024

wersja wstępna

Każde zadanie warte jest 1 punkt.

Zadanie 1. Przypomnij definicje hazardu sterowania, strukturalnego, RAW, WAR, WAW. Dla każdego z procesorów a) jednocyklowego b) potokowego z pojedynczym ALU c) potokowego z wieloma jednostkami wykonawczymi podaj wszystkie rodzaje hazardów, jakie mogą w nim wystąpić podczas wykonywania programu. Pokaż fragmenty kodu generujące odpowiednie hazardy, lub uzasadnij, że nie mogą one zachodzić.

Zadanie 2. Zapoznaj się z algorytmem przetwarzania potokowego przy użyciu *scoreboardu*¹. W jaki sposób ten algorytm radzi sobie z hazardami RAW, WAR i WAW?

Wskazówka: Hennessy, John L., and David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach **6e**. 2019 (**HP6e**). Appendix C, s. C-66 – C-70.

Zadanie 3. Przypomnij algorytm przetwarzania potokowego przy użyciu *reorder buffer*a. W jaki sposób ten algorytm radzi sobie z hazardami RAW, WAR i WAW? Porównaj jego wydajność z algorytmem używającym *scoreboardu* dla procesora o takich samych parametrach (takie same fazy przetwarzania, liczba i budowa jednostek wykonawczych).

Zadanie 4. Dany jest program

```
r3 = r1 * r2
r5 = r4 + r3
r6 = r4 + r1
r7 = r8 * r9
r4 = r3 + r7
r10 = r5 * r6
```

¹ We wszystkich zadaniach dotyczących tej techniki przetwarzania potokowego załóż, że bufor pomiędzy fazami pobrania (ang. *fetch*) a zlecenia (ang. *issue*) ma rozmiar jednej instrukcji.

Podaj diagram wykonania i wylicz liczbę cykli zużytych przez ten program uruchomiony na następujących procesorach

- a) procesorze potokowym z pojedynczym ALU. To ALU samo jest w pełni potokowe i działa w 6 cyklach. Każda instrukcja wykonuje się więc w fazach² F D E1 E2 E3 E4 E5 E6 WB.
- b) procesorze potokowym z w pełni potokowymi niezależnymi jednostkami (po jednej sztuce) dla mnożenia (6 cykli) i dodawania (4 cykle). Instrukcja mnożenia wykonuje się więc w fazach F D E1 E2 E3 E4 E5 E6 WB, a dodawania w fazach F D E1 E2 E3 E4 WB. Procesor używa *scoreboardu*.
- c) procesorze potokowym jak wyżej, ale używającym *reorder buffera*.

Jedynie procesor z punktu c) może używać *forwardingu* danych. Możesz zignorować ewentualne hazardy strukturalne, ale zaobserwuj fazy procesora, w którym mogą one wystąpić.

Zadanie 5. Powtórz powyższe zadanie dla programu

```
r3 = r1 * r2
r5 = r4 + r3
r7 = r2 + r6
r10 = r8 + r9
r11 = r7 * r10
r5 = r5 + r11
```

W punktach b) i c) załóż tym razem, że jednostki wykonawcze dla dodawania i mnożenia nie są potokowe, tzn. ich czas działania wynosi, jak poprzednio 4 i 6 cykli, ale można zlecić wykonanie kolejnej operacji danego typu, dopiero po zakończeniu poprzedniej.

Zadanie 6. Przypomnij algorytm Tomasulo przetwarzania potokowego. W szczególności scharakteryzuj używane w nim struktury danych. W jaki sposób ten algorytm radzi sobie z hazardami RAW, WAR i WAW? Do czego służy technika przemianowywania rejestrów (ang. *register renaming*). Porównaj jego wydajność z algorytmem używającym *reorder buffera* dla procesora o takich samych parametrach.

² Dla uproszczenia nie ma fazy MEM.