

## Übungsblatt 5

(9 Punkte)

Besprechung ab Montag, 11. Mai 2015

### 5.1 Gleitkommazahlen nach IEEE-754 (2 Punkte)

Bestimmen Sie mit dem Verfahren aus der Vorlesung, an welchen Stellen im Auswertungsbaum die Gleitkommazahlen in den folgenden Formeln zwischen einfacher und doppelter Genauigkeit gewandelt werden.

- $x = (a - b) * c$
- $a == (b + c) / x$

Nehmen Sie hierbei an, dass  $a$ ,  $b$  und  $c$  einfache und  $x$  doppelte Genauigkeit hat. Einfache bzw. doppelte Genauigkeit sei hierbei als 32-Bit bzw. 64-Bit Gleitkommazahl nach dem IEEE-754 Standard definiert, wobei keine denormalisierten Zahlen zugelassen sind. Werten Sie die zweite Formel mit den Werten  $a = 2^{-80}$ ,  $b = 2^{-60}$ ,  $c = 2^{-100}$  und  $x = 2^{20}$  aus, jeweils einmal unter Benutzung der ermittelten Umwandlungen und einmal unter Benutzung von doppelter Genauigkeit in jedem einzelnen Rechenschritt.

*Hinweis: Führen Sie die Auswertung arithmetisch durch und konvertieren Sie das Ergebnis ins gewünschte Gleitkommazahlenformat. Es ist nicht erforderlich alle Zwischenrechnungen im IEEE Format durchzuführen.*

### 5.2 Intervallarithmetik (2 Punkte)

a) Berechnen Sie die folgenden Intervallprodukte und -quotienten:

$$\begin{array}{ll} [-2, 1] \cdot [-1, 1] & [-2, 4] \cdot [-3, 1] \\ [1, 2] / [-5, -3] & [-1, 2] / [5, 7] \end{array}$$

b) Ein elektrischer Schaltkreis schwingt mit einer Frequenz  $f_0$  gegeben als  $f_0 = 1/(2\pi RC)$  Hz. Verwenden Sie Intervallarithmetik zur Bestimmung des Wertebereiches von  $f_0$ , wenn die Komponenten nominelle Werte von  $C = 1\text{nF}$  und  $R = 15\text{k}\Omega$  bei einer Fertigungsabweichung von +/- 10% haben.

### 5.3 Scoreboarding (3 Punkte)

Im Online-Material zur Übung finden Sie ein Beispiel zu den gespeicherten Informationen innerhalb der Scoreboarding-Datenstrukturen, für einen aus der Vorlesung bekannten Beispielcode. Konkret ist in den Tabellen folgende Situation festgehalten:

- erste Lade-Instruktion ist vollständig verarbeitet und hat ihr Ergebnis in der *write result*-Phase geschrieben.
- zweite Lade-Instruktion hat die Ausführungsphase abgeschlossen und wartet auf das Schreiben ihres Ergebnisses.
- restliche Instruktionen befinden sich vor bzw. in der *issue*-Phase.

- a) Führen Sie die Programmausführung für die nächsten 10 Takte fort und stellen Sie für jeden Takt den aktuellen Stand der Scoreboarding-Datenstrukturen am Taktende dar. Benutzen Sie hierfür die Vorlage *scoreboarding.ppt* von der Webseite der Übung. Verwenden Sie für diese Aufgabe folgende Latenzzeiten der *execute*-Phase:
- Addition: 2 Taktzyklen
  - Multiplikation: 5 Taktzyklen
  - Division: 8 Taktzyklen

Die Latenzzeiten sind so zu verstehen, daß die Execute-Phase exakt die angegebene Anzahl Takte benötigt um zu terminieren, d.h. wenn beispielsweise eine Addition in Takt  $x$  gestartet wird endet sie am Ende von Takt  $x + 1$ . *Forwarding* von Ergebnissen wird nicht unterstützt, d.h. Ergebnisse die in der Write-Results-Phase geschrieben werden, können erst im nächsten Takt in der Read-Operands-Phase gelesen werden. Außerdem werden keine Operanden gepuffert, d.h. wenn ein Operand verfügbar ist, ein anderer aber noch nicht, werden beide erst gelesen wenn auch beide verfügbar sind.

- b) Erklären Sie kurz den Unterschied zwischen den im Skript erwähnten Verfahren des *Scoreboardings* und dem Verfahren von *Tomasulo*. Welche Unzulänglichkeiten, die beim Scoreboarding auftreten, werden von dem Verfahren von Tomasulo beseitigt? Warum?

## 5.4 Tomasulo-Algorithmus (2 Punkte)

Im Online-Material zur Übung finden Sie eine Vorlage, die die gespeicherten Informationen innerhalb der *Tomasulo reservation stations* für ein gegebenes MIPS-Codefragment zeigt. Konkret ist in den Tabellen folgende Situation festgehalten:

- erste Lade-Instruktion ist vollständig verarbeitet und hat ihr Ergebnis in der *write result*-Phase geschrieben.
- zweite Lade-Instruktion hat die Ausführungs-Phase abgeschlossen und wartet auf das Schreiben ihres Ergebnisses.
- restliche Instruktionen befinden sich in der *issue*-Phase.

- a) Führen Sie die Programmausführung für die 8 folgenden Takte fort und zeigen Sie, welche Informationen am Ende jedes Taktes in den Tomasulo-Datenstrukturen gespeichert sind. Eine Vorlage hierfür wird auf der Übungshomepage bereit gestellt. Es ist ausreichend, wenn Sie in jeder Tabelle nur die Änderungen zum vorhergehenden Takt eintragen.

Verwenden Sie für diese Aufgabe folgende Latenzzeiten (der *EX*-Phase):

Instruktionstyp	Latenzzeit
Laden	1 Taktzyklus
Addition	1 Taktzyklus
Multiplikation	3 Taktzyklen
Division	6 Taktzyklen

Die Latenzzeiten sind so zu verstehen, daß die Execute-Phase auf der entsprechenden Verarbeitungseinheit exakt die angegebene Anzahl Takte benötigt um zu terminieren, d.h. wenn beispielsweise eine Multiplikation in Takt  $x$  gestartet wird endet sie am Ende von Takt  $x + 2$ . Wenn ein Ergebnis in der *Write*-Phase geschrieben wird, kommt es noch im selben Takt bei allen darauf wartenden Reservation Stations an, und diese fangen im darauf folgenden Takt mit der Abarbeitung der Instruktion an. Pro Takt kann über den *Common Data Bus* nur ein einzelnes Ergebnis übertragen werden. Wenn mehrere Ergebnisse im selben Takt übertragen werden sollen setzt sich immer das Ergebnis durch, dessen Instruktion zuerst die Issue-Phase durchlaufen hat (*in-order Issue*).

- b) Welche Änderungen am Tomasulo-Algorithmus sind nötig, um in jedem Takt die Ausführung mehrerer Instruktionen beginnen (*multiple issue*) und Befehle spekulativ ausführen zu können?

**Allgemeine Hinweise:** Die Übungstermine und weitere Informationen finden Sie unter <http://ls12-www.cs.tu-dortmund.de/daes/de/lehre/lehrveranstaltungen/sommersemester-2015/rechnerarchitektur.html>. Die Übungszettel werden zum Semesterbeginn online gestellt und sollen eigenständig bis zum jeweiligen Stichtag gelöst werden. Die Lösungen werden in den Gruppen besprochen. Auf Wunsch kann für diese Veranstaltung ein Übungsschein ausgestellt werden. Hierzu müssen die selbst erstellten Lösungen jeweils vor der Besprechung der Aufgaben beim Übungsgruppenleiter abgegeben werden. Dabei müssen 45% der Gesamtpunkte bei den Übungszetteln erreicht und eigene Lösungen in der Übungsgruppe präsentiert werden. Für die Teilnahme an der Klausur nach BPO 2013 / der Fachprüfung nach DPO 2001 ist der Übungsschein *nicht* erforderlich.