

# Übung 09: Pipelining

## Einführung in die Rechnerarchitektur

**Niklas Ladurner**

School of Computation, Information and Technology  
Technische Universität München

15. Dezember 2023



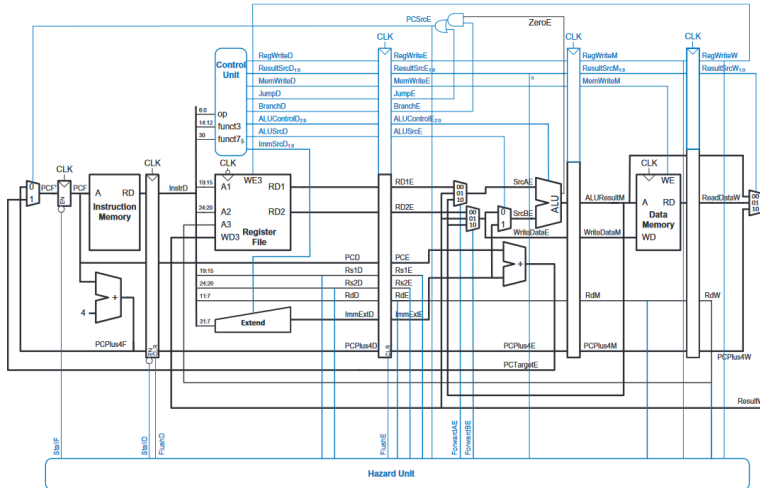
*TUM Uhrenturm*

Durchzählen!

Keine Garantie für die Richtigkeit der Tutorfolien: Bei Unklarheiten/Unstimmigkeiten haben VL/ZÜ-Folien Recht!

- Parallele Verarbeitung von mehreren Instruktionen
- Aufteilung der Instruktionsverarbeitung in 5 Teilschritte: Fetch, Decode, Execute, Memory, Writeback
- Daten- und Kontrollpfad des Prozessors wird in Stücke geteilt: Register zur Zwischenspeicherung dazwischen
- maximaler Speedup: Anzahl Pipelinestufen, Effekt bei großer Anzahl an Instruktionen erkennbar

## Pipelining



- Daten**abhängigkeiten**: RAW, WAR, WAW
- Pipelinekonflikte: Datenkonflikte (data hazards) und Steuerkonflikte (control hazards)
- Daten**konflikte** nur bei RAW möglich
- Steuerkonflikte bei Änderung der Kontrollflusses

## Lösung von Konflikten

Bei data hazards müssen mindestens **3 Befehle** zwischen zwei Instruktionen mit RAW-Abhängigkeit stehen:

- NOPs (Stalling)
- Befehlsumordnung (ohne Semantikänderung)
- Forwarding: noch nicht zurückgeschriebenes Ergebnis kann von der ALU direkt an den nächsten Befehl gegeben werden, falls dieser das Ergebnis benötigt

Bei control hazards müssen mindestens **2 Befehle** zwischen der Sprungentscheidung und möglicherweise falsch geladenen Instruktion stehen.

- NOPs (Stalling)
- Branch Prediction (statisch/dynamisch): Falls Vorhersage falsch, müssen geladene Instruktionen entfernt werden

weitere Konzepte: Out-of-Order-Execution, Register Renaming, ...

Fragen?



- H09 - Pipeline-Konflikte bis 07.01.2024 23:59 Uhr
- recht aufwendig, die Semantik des Programms darf nicht verändert werden!
- B01 - Concat bis 14.01.2024 23:59 Uhr
- Bonusaufgabe: 10 Punkte, ersetzt also eine ganze andere Aufgabe!

- Zulip: „ERA Tutorium - Mi-1600-MI4“ bzw. „ERA Tutorium - Fr-1100-MW2“
- Logisim Evolution
- Referenztabellen (offizielle Tabellen sind auf den Übungblättern)

# Übung 09: Pipelining

## Einführung in die Rechnerarchitektur

**Niklas Ladurner**

School of Computation, Information and Technology  
Technische Universität München

15. Dezember 2023



*TUM Uhrenturm*