

Rechnerorganisation

Sommersemester 2023 – 8. Vorlesung

Prof. Stefan Roth, Ph.D.

Technische Universität Darmstadt

19. Juni 2023



Inhalt

- 1 Wiederholung Eintakt-Prozessor
- 2 Mehrtakt-Prozessor
- 3 Eintakt-Prozessor vs. Mehrtakt-Prozessor
- 4 Zusammenfassung und Ausblick
- 5 Literatur

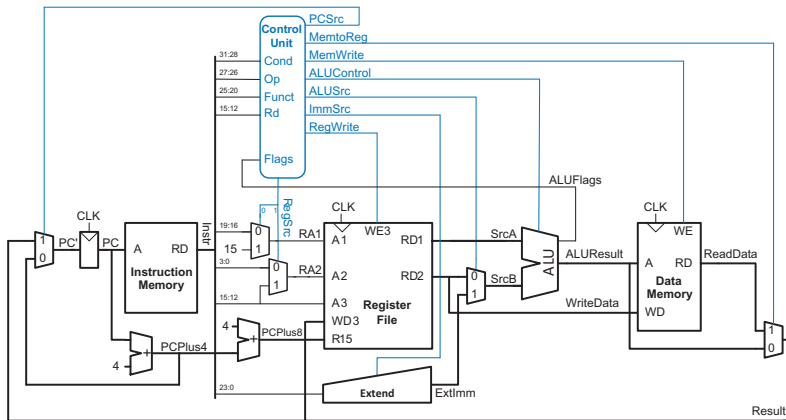
Mikroarchitektur [HH16, S. 385 – 484]

- Einführung in die Mikroarchitektur
- Eintakt-Prozessor
- Mehrtakt-Prozessor
- Pipeline-Prozessor
- Analyse der Rechenleistung
- Ausnahmebehandlung
- Weiterführende Themen

Wiederholung Eintakt-Prozessor

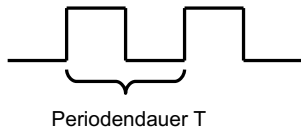


Eintakt-Prozessor, Datenpfad und Kontrolleinheit



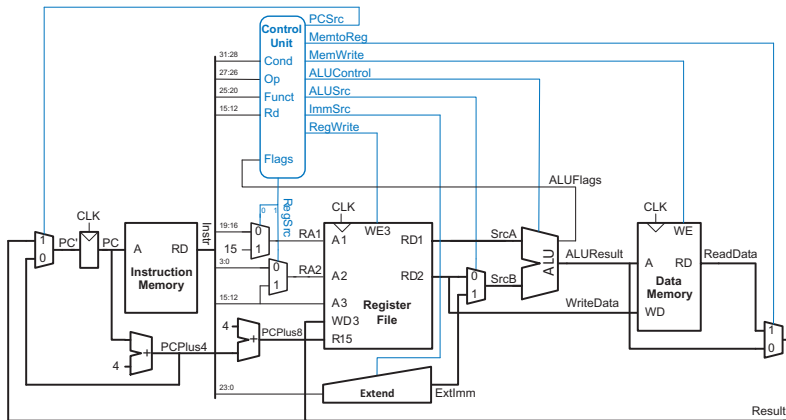
Eintakt-Prozessor, Diskussion

- Eintakt-Prozessor: bearbeitet jeden Befehl in einem Takt
- drei Phasen der Befehlsausführung
 - ▶ Befehlsholphase
 - ▶ Befehlsdekodierung
 - ▶ Befehlsausführung
- Taktsignal: Periodendauer/Taktfrequenz ($f = \frac{1}{T}$)



- Die Länge des **Pfades**, der zur Ausführung eines Befehls durchlaufen wird, ergibt eine Ausführungszeit
- Der längste Pfad gibt dann die maximale Taktfrequenz vor

Eintakt-Prozessor, Beispiele für Pfade



Mikroarchitekturen

Eintakt-Implementierung

- Jeder Befehl wird in einem Takt ausgeführt.

Mehrtakt-Implementierung

- Jeder Befehl wird in Teilschritte zerlegt.

Pipelined-Implementierung

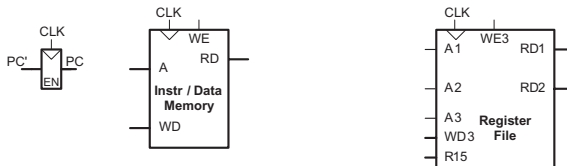
- Jeder Befehl wird in Teilschritte zerlegt. Mehrere Teilschritte werden gleichzeitig (parallel) ausgeführt.

Mehrtakt-Prozessor



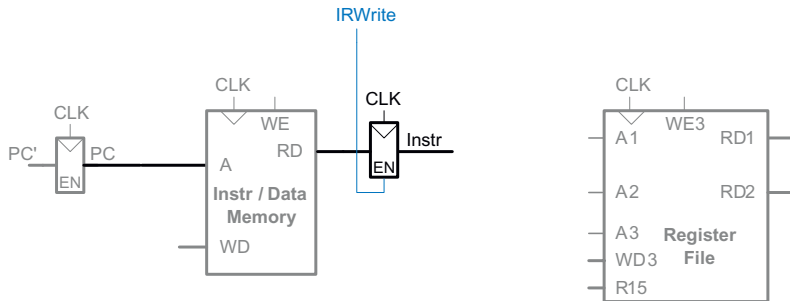
Zustandselemente im Mehrtakt-Prozessor

- Ersetze getrennte Instruktions- und Datenspeicher
 - ▶ Harvard-Architektur
- durch einen gemeinsamen Speicher
 - ▶ Von-Neumann-Architektur
 - ▶ heute weiter verbreitet



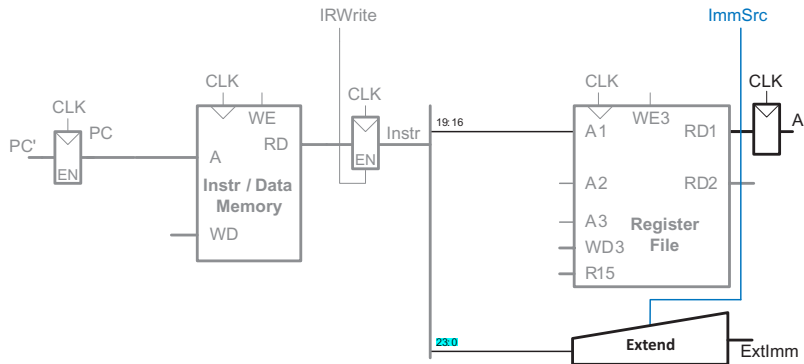
Mehrtakt-Datenpfad: Instruktion holen

- Beispiel: Ausführung von ldr
- Schritt 1: Hole Instruktion



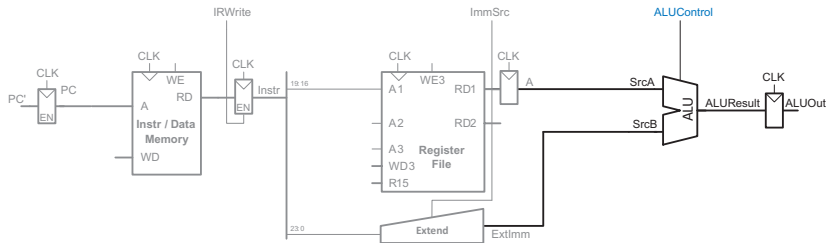
Mehrtakt-Datenpfad: Lese Register für 1dr

- Schritt 2: Lese Quelloperand aus Registerfeld und Werte Direktwert aus



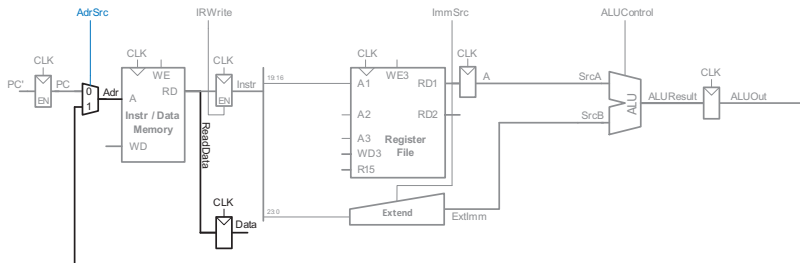
Mehrtakt-Datenpfad: Bestimme Adresse für ldr

- Schritt 3: Berechne die Speicheradresse (Basisadresse + Offset)



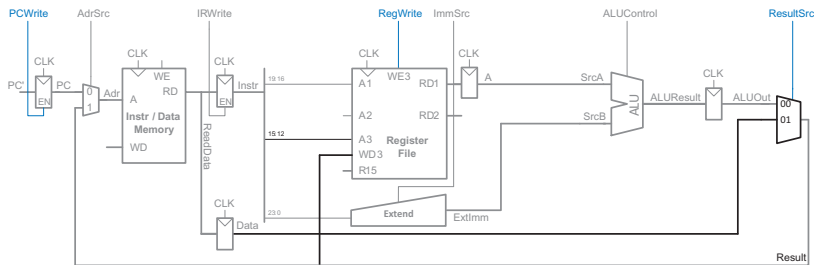
Mehrtakt-Datenpfad: Lesezugriff von ldr

- Schritt 4: Lese Daten aus Speicher



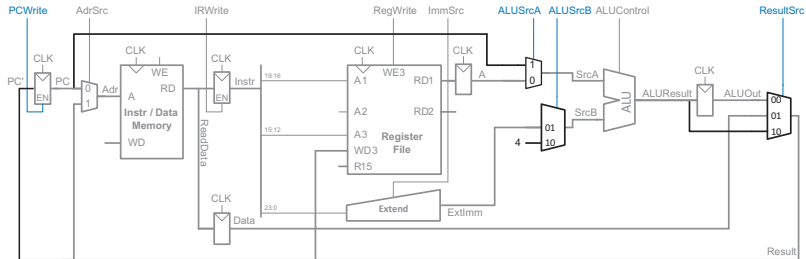
Mehrtakt-Datenpfad: Schreibzugriff von ldr

- Schritt 5: Schreibe die Daten ins passende Register



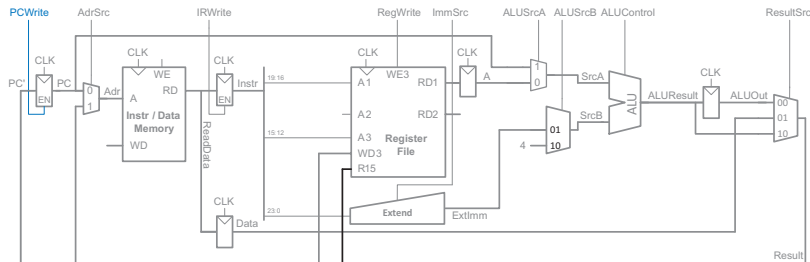
Mehrtakt-Datenpfad: Erhöhe PC

- Schritt 6: Berechne Adresse des nächsten Befehls

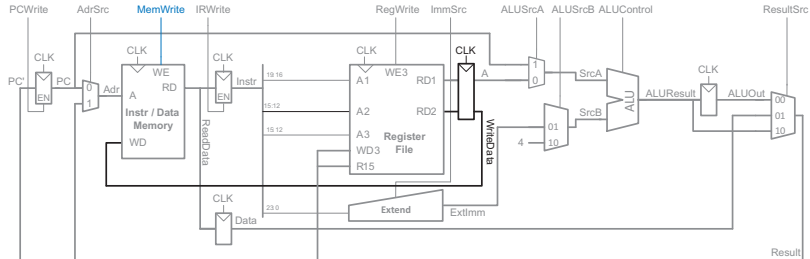


Mehrtakt-Datenpfad: Behandlung von r15 (pc)

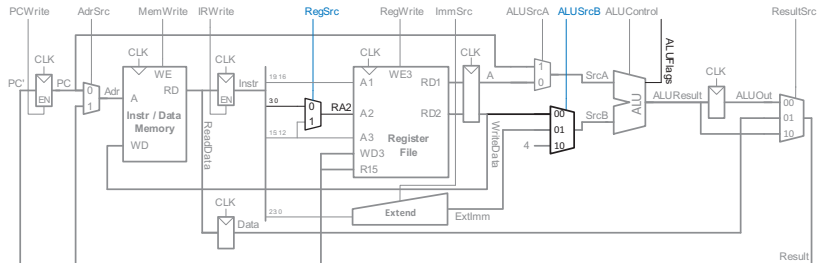
- Schritt 7: Behandlung von r15 (pc)



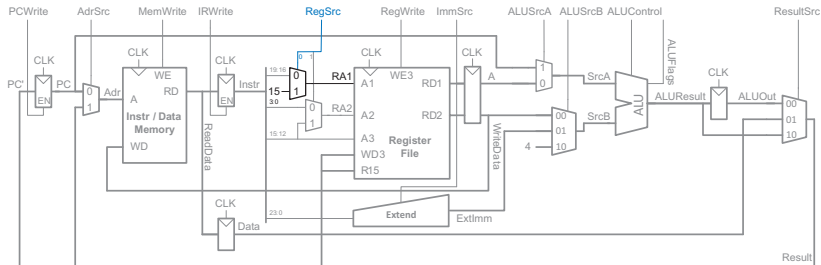
Mehrtakt-Datenpfad: Erweiterung für str



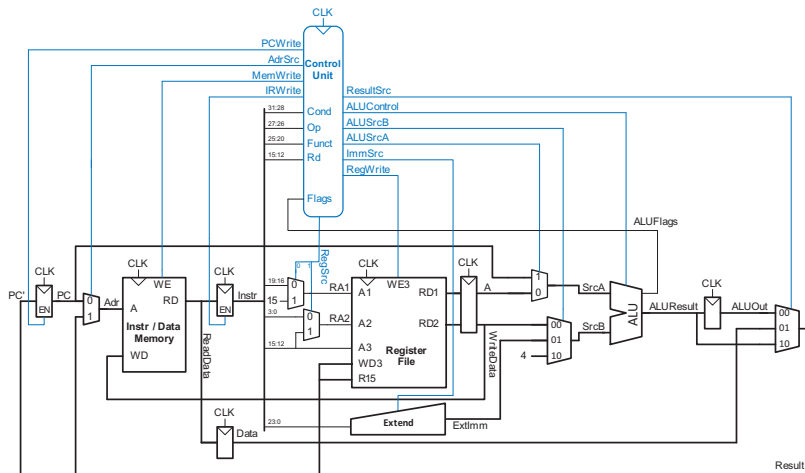
Mehrtakt-Datenpfad: arithmetische/logische Befehle



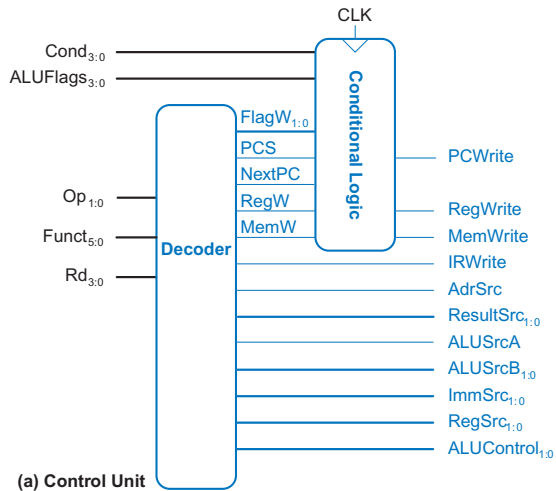
Mehrtakt-Datenpfad: Sprungbefehl b



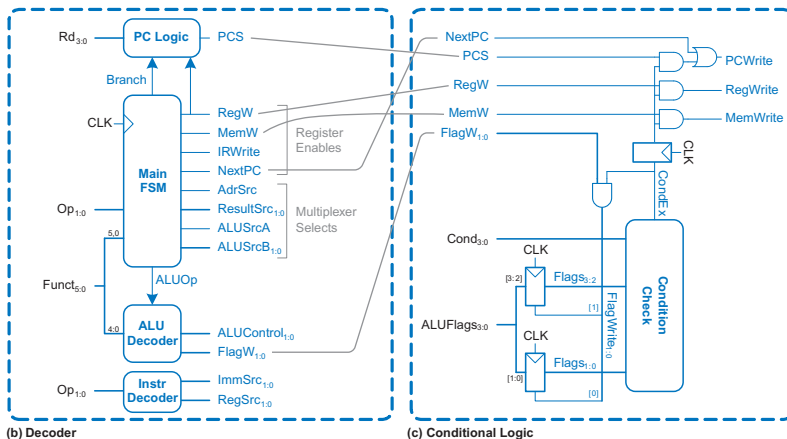
Mehrtakt-Prozessor: Datenpfad und Kontrolleinheit



Mehrtakt-Prozessor: Kontrolleinheit

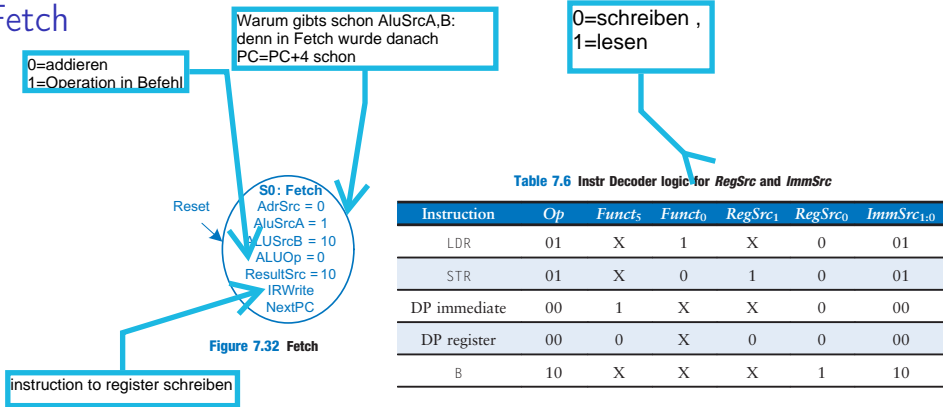


Mehrtakt-Prozessor: Kontrolleinheit - Detail



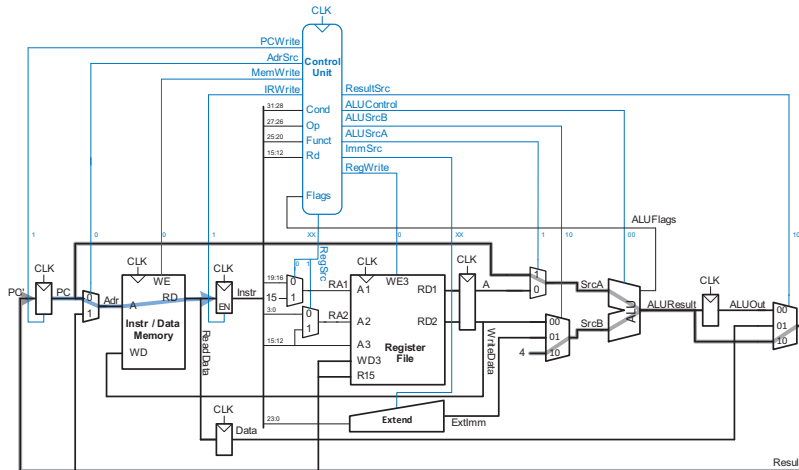
Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks I

Fetch



Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks II

Fetch



Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks III

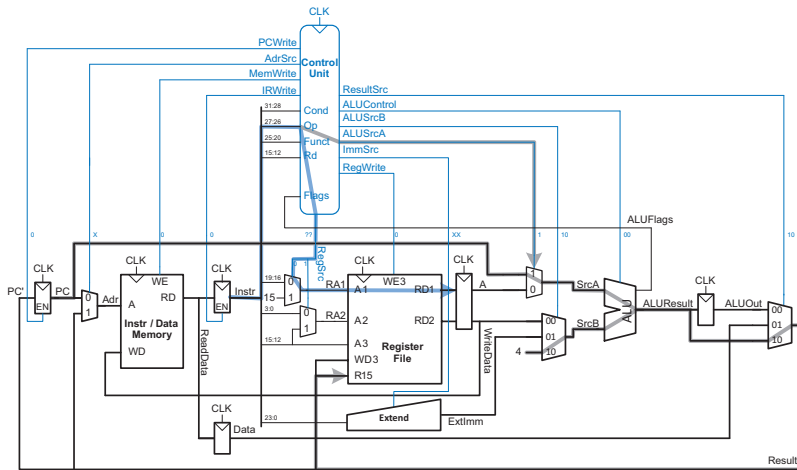
Decode 1dr



- Steuersignale sind so lange 1, wie sie in Zuständen dediziert auf 1 gesetzt sind
- Beispiel: IRWrite; dieses Signal ist im Zustand S0 auf 1 gesetzt und in allen weiteren Zuständen 0

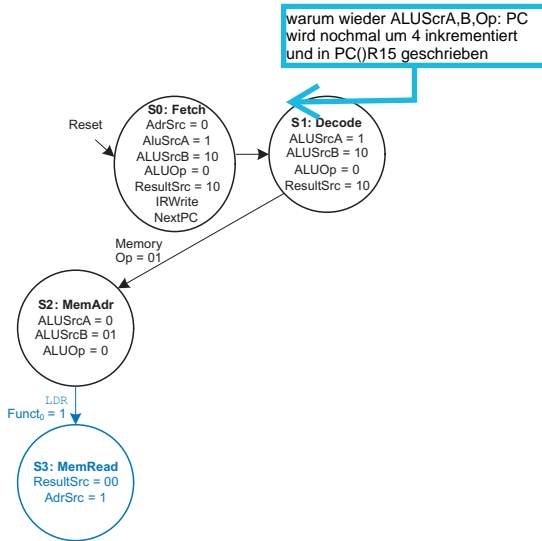
Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks IV

Decode `ldr`



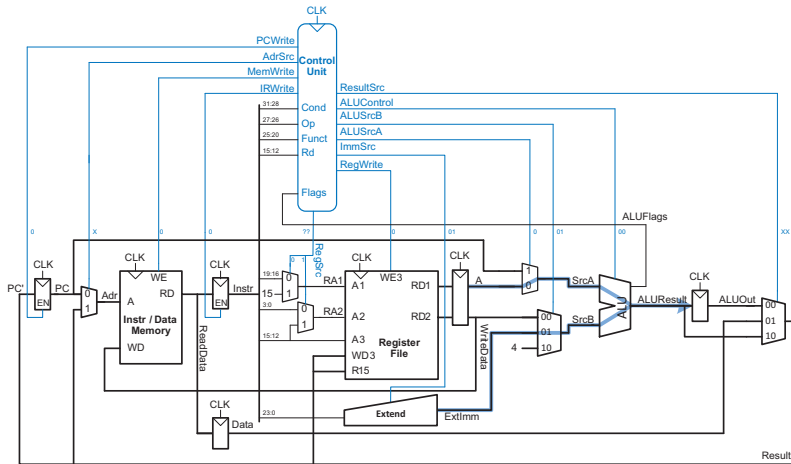
Mehrtaakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks V

Execute `ldr`



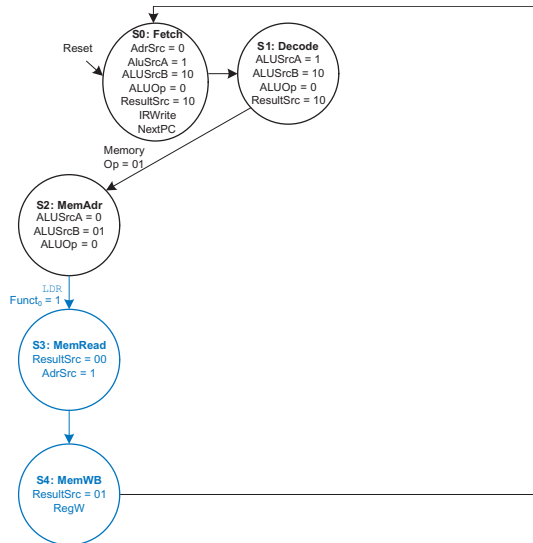
Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks VI

Execute `ldr`



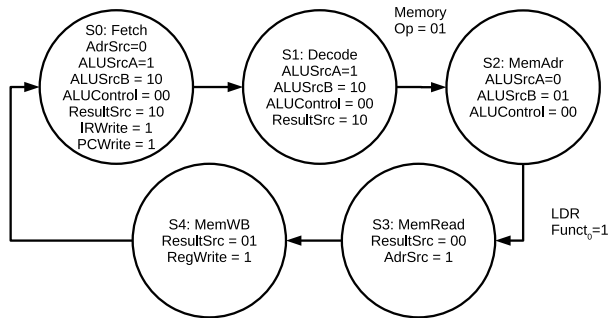
Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks VII

Execute `ldr`



Mehrtakt-Prozessor: Entwicklung des Steuerwerks VIII

Execute `ldr`, mit den Bezeichnungen der Steuersignale (abstrahiert)



Mehrtakt-Prozessor, Learning Nugget

- Learning Nugget 06 - Mehrtakt-Prozessor



Eintakt-Prozessor vs. Mehrtakt-Prozessor



Eintakt-Prozessor vs. Mehrtakt-Prozessor

- Eintakt-Prozessor
 - ▶ + einfach
 - ▶ - Taktfrequenz wird durch langsamste Instruktion bestimmt
 - ▶ - Drei Addierer / ALUs und zwei Speicher
- Mehrtakt-Prozessor
 - ▶ + höhere Taktfrequenz
 - ▶ + einfachere Instruktionen laufen schneller
 - ▶ + bessere Wiederverwendung von Hardware in verschiedenen Takten
 - ▶ - aufwendigere Ablaufsteuerung
- Gleiche Grundkomponenten
 - ▶ **Datenpfad**: verbindet funktionale Blöcke
 - ▶ **Kontrollpfad**: Steuersignale/Steuerwerk

Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Mikroarchitekturen von Rechnersystemen
- Mehrtakt-Prozessor

Ausblick

- Mikroarchitekturen von Rechnersystemen
- Pipeline-Prozessor

- Ich habe die Unterschiede zwischen einem Eintakt-Prozessor und einem Mehrtakt-Prozessor verstanden ✓
- Die Entwicklung eines Steuerwerks kann ich nachvollziehen ✓
- ...

Literatur



- [BO10] Bryant, Randal E. und David R. O'Hallaron: *Computer Systems - A Programmer's Perspective*.
Prentice Hall, 2010.
- [HH16] Harris, David Money und Sarah L. Harris: *Digital Design and Computer Architecture, ARM® Edition*.
Morgan Kaufmann, 2016.