

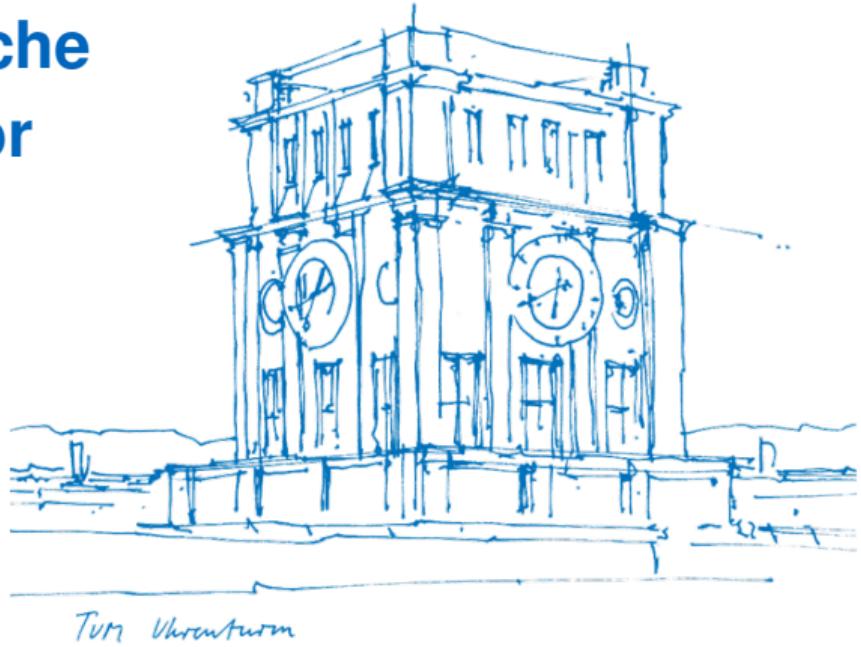
Übung 08: Maschinensprache und Single-Cycle-Prozessor

Einführung in die Rechnerarchitektur

Niklas Ladurner

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

5. Dezember 2025



Feedback

t1p.de/era2526



home.in.tum.de/~ladu/



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

Instruktionstypen¹

R	Register-Register-Operationen	add, sub, sll
I	Short Immediates (12 Bit) und Ladebefehle	jalr, lw, ori
S	Speicherbefehle	sw, sh
B	Branches (bedingte Sprünge)	beq, blt, bgtu
U	Long Immediates (20 Bit)	lui, auipc
J	Jumps (unbedingte Sprüge) mit Long Immediate	jal
R4	Floating-Point-Operationen, für ERA nicht relevant	

¹ NB: Die Befehle für die einzelnen Typen sind nur auszugsweise angegeben.

Assemblierung

	31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0	
funct7		rs2	rs1	funct3	rd	op	R-Type
imm _{11:0}			rs1	funct3	rd	op	I-Type
imm _{11:5}	rs2	rs1	funct3	imm _{4:0}		op	S-Type
imm _{12,10:5}	rs2	rs1	funct3	imm _{4:1,11}		op	B-Type
imm _{31:12}					rd	op	U-Type
imm _{20,10:1,11,19:12}					rd	op	J-Type
fs3	funct2	fs2	fs1	funct3	fd	op	R4-Type
5 bits	2 bits	5 bits	5 bits	3 bits	5 bits	7 bits	

(Quelle: Vorlesungsmaterialien ERA)

Assemblierung: Beispiel

```
xor t2, t1, t0
```

1. Instruktionstyp feststellen

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

t2 \mapsto x7, t1 \mapsto x6, t0 \mapsto x5

funct7 rs2 rs1 funct3 rd op

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

t2 \mapsto x7, t1 \mapsto x6, t0 \mapsto x5

funct7 rs2 rs1 funct3 rd op

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

0000000 rs2 rs1 100 rd 0110011

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

0000000 rs2 rs1 100 rd 0110011

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

0000000 rs2 rs1 100 rd 0110011

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

0000000 00101 00110 100 00111 0110011

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
funct7	rs2	rs1	funct3	rd	op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

$t_2 \mapsto x_7, t_1 \mapsto x_6, t_0 \mapsto x_5$

0000000 00101 00110 100 00111 0110011

Assemblierung: Beispiel

1. Instruktionstyp feststellen → R
2. Dazugehöriges Layout in Tabelle finden
3. Instruktion in Tabelle finden
4. Instruktionsspezifische Werte ablesen
5. Registermapping:
 $(\text{zero} \mapsto x_0, \dots, t_6 \mapsto x_{31})$
6. Binärzahl zusammenbauen

xor t2, t1, t0

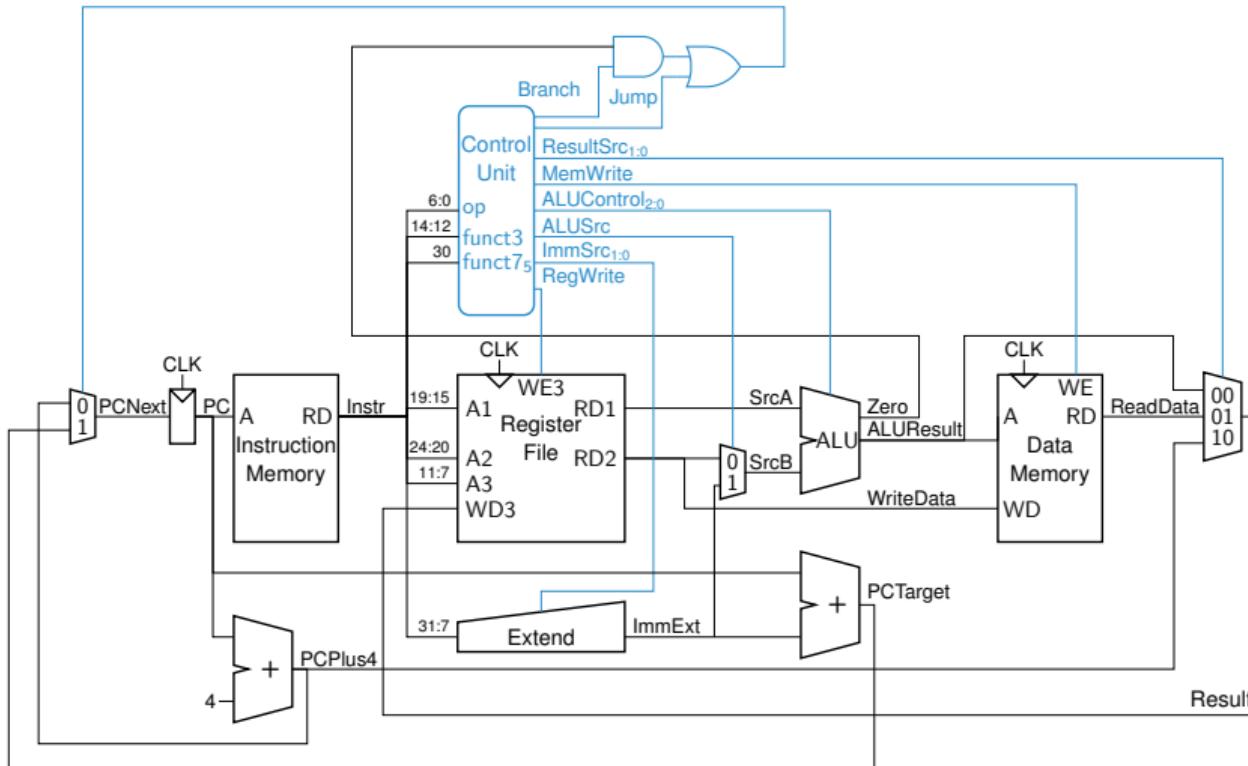
31:25	24:20	19:15	14:12	11:7	6:0
op	funct3	funct7	rs1	rs2	rd
	funct7				op

op	funct3	funct7	Type	Instruction
0110011 (51)	100	0000000	R	xor rd, rs1, rs2

t2 \mapsto x7, t1 \mapsto x6, t0 \mapsto x5

0b 0000 0000 0101 0011 0100 0011 1011 0011 =
0x005343B3

RISC-V Single-Cycle-Prozessor



Fragen?

Links

- Zulip: „ERA Tutorium – Mi-1600-3“ bzw. „ERA Tutorium – Fr-1500-1“
- ERA-Moodle-Kurs
- ERA-Artemis-Kurs
- Prozessor-Assets (kein offizielles Material!)
- RISC-V Assembler

Übung 08: Maschinensprache und Single-Cycle-Prozessor

Einführung in die Rechnerarchitektur

Niklas Ladurner

School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

5. Dezember 2025

