

ERA-Tutorium 8

Thomas Kilian

Organisatorisches

- Gibt es Fragen zum letzten Tutorium?
- Wünsche und Anregungen?

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

| Vorteile | Nachteile |
|----------|-----------|
| | |
| | |

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

| Vorteile | Nachteile |
|------------|-----------|
| Performanz | |
| | |

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

| Vorteile | Nachteile |
|------------|-----------------|
| Performanz | Höherer Aufwand |
| | |

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

| Vorteile | Nachteile |
|-------------------------------|-----------------|
| Performanz | Höherer Aufwand |
| Direkter Zugriff auf Hardware | |

Fragen zur Vorlesung

- Nennen Sie Vor- und Nachteile für die Verwendung von einer höheren Sprache wie Java und Assembler

| Vorteile | Nachteile |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Performanz | Höherer Aufwand |
| Direkter Zugriff auf Hardware | schwerer zu verstehen -> Bugs |

Fragen zur Vorlesung

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)
 - ➔ Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)
 - ➔ Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)
 - ➔ Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - ➔ IFETCH

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)
 - ➔ Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - ➔ IFETCH
 - ➔ DECODE

Fragen zur Vorlesung

- In welche Teile lässt sich eine Mikroinstruktion unterteilen?
 - ➔ Steuerteil (für Rechner)
 - ➔ Adressteil (Steuerung des Mikroprogrammsequencers)
- Was sind die 3 Schritte des Maschinenbefehlszyklus?
 - ➔ IFETCH
 - ➔ DECODE
 - ➔ EXECUTE

Aufgabe 1a

Aufgabe 1a

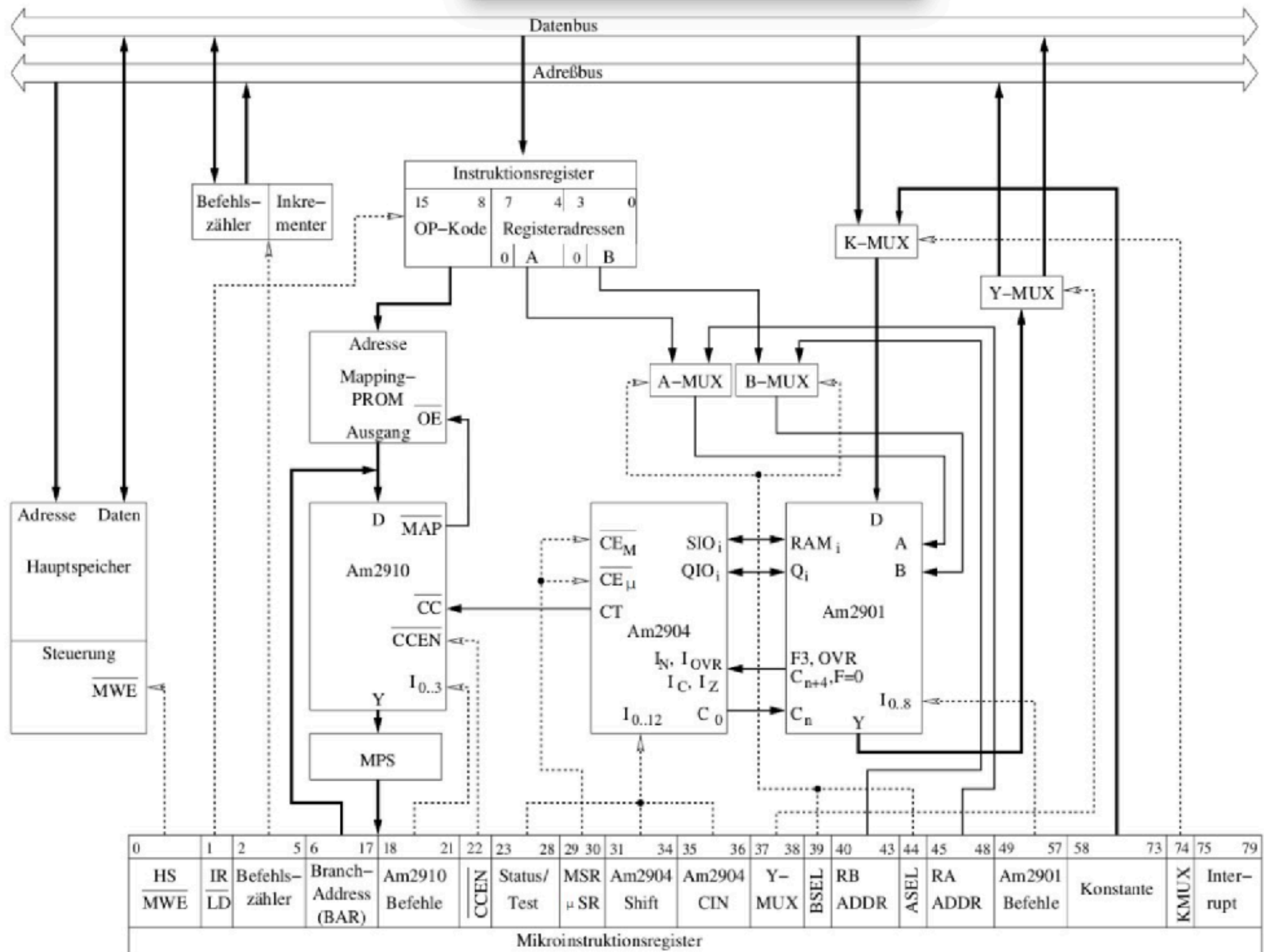
- Warum entspricht der ENIAC nicht den von-Neumann-Prinzipien?

Aufgabe 1a

- Warum entspricht der ENIAC nicht den von-Neumann-Prinzipien?
- Struktur des Rechners nicht vom Problem abhängig!

Aufgabe 1b

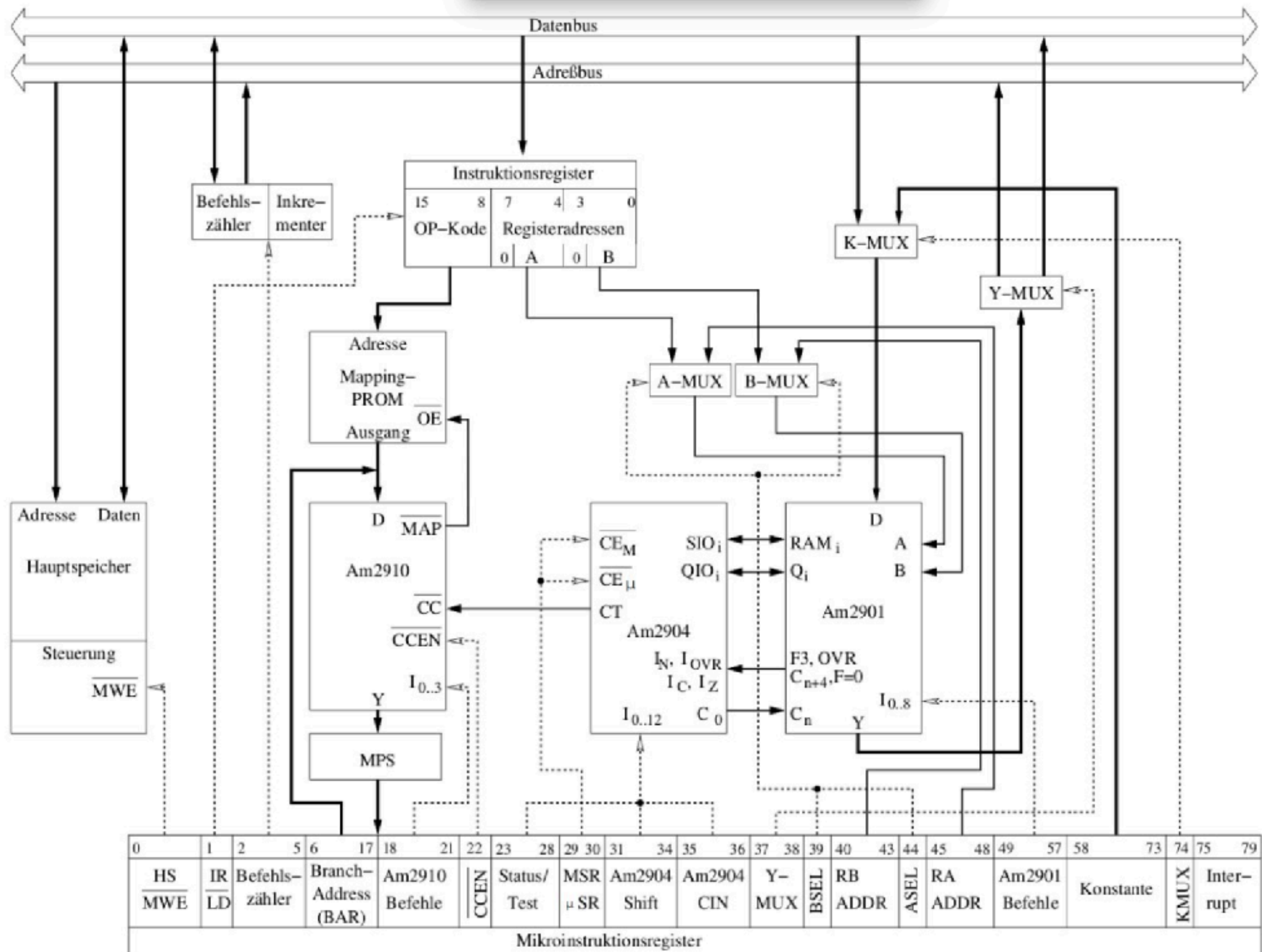
Beschreiben Sie alle Mikrooperationen, die die Zugriffssteuerung auf den Adress- bzw. Datenbus regeln. Welche Kombinationen sind in einer Mikroinstruktion nicht erlaubt?



Aufgabe 1c

Multiplexer-Steuerung in der MI-Maschine.

Erläutern Sie kurz, welche Mikrooperationen für die Steuerung des KMUX, AMUX und BMUX zuständig sind und was diese bewirken.



Mikroprogrammierbares Rechenwerk

- 16-Bit-Register
- 2 davon können als Operanden ausgewählt werden
- B-Adresse automatisch Ziel
- Q-Register für Zwischenwerte
- mögliche Operanden
 - ➔ Register A,B
 - ➔ Q-Register
 - ➔ externe Daten
 - ➔ 0

Mikroprogrammierbares Rechenwerk

- Operationen
 - ➔ Addition
 - ➔ Subtraktion
 - ➔ AND
 - ➔ OR
 - ➔ XOR
 - ➔ XNOR
 - ➔ AND (!a, b)
- keine Multiplikation
- kein echtes Subtrahieren (-> Addition über Einer-Komplement und CF=1)

Mikroprogrammierbares Rechenwerk

- Flags
 - Carry IN (C0)
 - Carry OUT (Cn)
 - Sign (F3)
 - Overflow
 - Zero (F=0)

Mikroprogrammierbares Rechenwerk

- Ziel für Ergebnis
 - In Register speichern, F ausgeben
 - In Register speichern, RA ausgeben
 - In Q-Reg speichern, F ausgeben
 - Nicht speichern, F ausgeben (NOP)

Carry & Overflow Bits

Aufgabe 3.2

Warum gibt es zwei Subtraktionsbefehle SUBR und SUBS?

Aufgabe 3.3

Warum lässt die ALU die Quelle DB nicht zu?

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

[illegible]

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

[illegible]

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

[illegible]

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | X | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | X | | | | R | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | X | | | | I-R | 15 | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|-----|------|-----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | ADD | | NOP | | X | | I | | R | | 15 | | M | | R | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|--------|--------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | X | | | | I R | 15 | | | | M R | A B | H | | |

Aufgabe 3.4

RA + r15, Ergebnis auf den Adressbus

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|--------|--------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | ADD | | | NOP | | | X | | | | I R | 15 | | | | M R | A B | H | C10 | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

[illegible]

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | I | R | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | I | R | | | | 0 | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | I | 0 | | | | M | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | R | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | I | 0 | | | | M | H H | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | R | | | | |

Aufgabe 3.4

RA – r0, Ergebnis nach r0

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBS | | | RAMF | | | X | | | | I | 0 | | | | M | H H | | CI1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | R | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

[illegible]

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

[illegible]

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | M | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | M R | | X | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|------|--------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | M R | | X | | | | I R | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | M | X | | | | I | H H | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | R | | | | |

Aufgabe 3.4

RB – r0, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|--------|---------|----|----|----|--------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | AB | | | SUBR | | | RAMF | | | 0 | | | | M R | X | | | | I R | H H | | CI1 | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

[illegible]

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

[illegible]

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | | ADD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | | ADD | | | RAMF | | | | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | | ADD | | | RAMF | | | X | | | | | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | | ADD | | | RAMF | | | X | | | | X | | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | | ADD | | | RAMF | | | X | | | | X | X | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|-----|------|------|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | ADD | | RAMF | | X | | X | | X | | I | | R | | | | | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|-----|------|------|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | ADD | | RAMF | | X | | X | | X | | I | | R | | H | | H | | | | |

Aufgabe 3.4

Datenbus + 1, Ergebnis nach RB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|----|-----|------|------|----|------|----|----|---------|----|----|----|------|---------|----|-----|----|------|-------|-------|---------|-----|
| 74 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 |
| KMUX | I2 | I1 | I0 | I5 | I4 | I3 | I8 | I7 | I6 | A3 | A2 | A1 | A0 | ASEL | B3 | B2 | B1 | B0 | BSEL | ABUS* | DBUS* | I12 | I11 |
| | Src | | | Func | | | Dest | | | RA Addr | | | | | RB Addr | | | | | Y-MUX | | CIN MUX | |
| | AM2901 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | DZ | | ADD | | RAMF | | X | | X | | X | | I | | R | | H H | | CI1 | | | | |

Aufgabe 3.4

RA + RB, Ergebnis nach RA

[illegible]

Aufgabe 3.4

RA + RB, Ergebnis nach RA

[illegible]

Aufgabe 3.5

Aufgabe 3.5

- Wie viele Takte benötigt man mindestens

Aufgabe 3.5

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl

Aufgabe 3.5

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
- ➔ 4 ($3 \cdot 1$ für IFETCH + 1 Takte)

Aufgabe 3.5

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
 - ➔ 4 ($3 \cdot 1$ für IFETCH + 1 Takte)
 - für Maschinenbefehl mit HS-Zugriff

Aufgabe 3.5

- Wie viele Takte benötigt man mindestens
 - für beliebigen Maschinenbefehl
 - ➔ 4 ($3 \cdot 1$ für IFETCH + 1 Takte)
 - für Maschinenbefehl mit HS-Zugriff
 - ➔ 5 ($3 \cdot 1$ für IFETCH + 2 Takte, da auf Speicher gewartet werden muss)

Aufgabe 5

- MOV RA, RB hat Opcode A3
- MOV [RA], RB hat Opcode A4
- Schreibe **Maschinenprogramm**:
 1. $r0 = r5$
 2. $r2 = [r0]$

Aufgabe 4

- Entwickeln Sie Mikroprogramme für die folgenden Maschinenbefehle:
 - MOV RA, RB
 - MOV [RA], RB
 - ADD RA, RB
 - INC RB
 - ADD imm, RB
 - JMP imm