



# Aufgabenblätter

zur Klausur „Technische Informatik I/II“  
am 13. September 2006, 9.00 – 11.00 Uhr

- Beschriften Sie bitte gleich zu Beginn jedes Lösungsblatt deutlich lesbar mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer.
- Diese Aufgabenblätter werden nicht abgegeben. Tragen Sie Ihre Lösung deshalb ausschließlich in die für jede Aufgabe vorgesehenen Bereiche der Lösungsblätter ein. Lösungen auf separat abgegebenen Blättern werden nicht gewertet.
- Außer Schreibmaterial sind während der Klausur keine Hilfsmittel zugelassen. Täuschungsversuche durch Verwendung unzulässiger Hilfsmittel führen unmittelbar zum Ausschluss von der Klausur und zur Note „nicht bestanden“.
- Soweit in der Aufgabenstellung nichts anderes angegeben ist, tragen Sie in die Lösungsblätter bitte nur die Endergebnisse ein. Die Rückseiten der Aufgabenblätter können Sie als Konzeptpapier verwenden. Weiteres Konzeptpapier können Sie auf Anfrage während der Klausur erhalten.
- Halten Sie Begründungen oder Erklärungen bitte so kurz wie möglich. (Der auf den Lösungsblättern für eine Aufgabe vorgesehene Platz steht übrigens in keinem Zusammenhang mit dem Umfang einer korrekten Lösung!)
- Die Gesamtpunktzahl beträgt 90 Punkte. Zum Bestehen der Klausur sind mindestens 40 Punkte zu erreichen.

*Viel Erfolg und viel Glück !*

## Aufgabe 1 Schaltfunktionen

(12 Punkte)

1. Bestimmen Sie *schaltalgebraisch* die disjunktive Normalform (DNF) der folgenden Schaltfunktion: 2 P.

$$y_1(x_2, x_1, x_0) = (x_0 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_0 \vee x_2)$$

2. Bestimmen Sie *schaltalgebraisch* die konjunktive Normalform (KNF) der folgenden Schaltfunktion: 2 P.

$$y_2(x_2, x_1, x_0) = \bar{x}_0 \vee (x_1 \vee \bar{x}_2)$$

3. Eine unvollständig definierte Schaltfunktion  $y_3 = f(d, c, b, a)$  sei durch ihre Eins- und *don't care*-Stellen (Abkürzung d) gegeben:

$$y_3 = \text{MINt}(0, 1, 3, 6, 7, 14, 15) \vee \text{d}(4, 10, 11)$$

Geben Sie eine disjunktive Minimalform (DMF) der Funktion  $y_3$  an. Verwenden Sie hierzu das KV-Diagramm im Lösungsblatt. 2 P.

4. Gegeben sei die Überdeckungstabelle einer Schaltfunktion  $y_4(a_0, a_1, a_2, a_3)$  mit den Mintermen  $m_i$ . Die Primimplikanten der Funktion seien  $A, B, C, D, E, F, G$  und  $H$ .

|     | $m_0$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_{15}$ | $m_{16}$ | $m_{21}$ | $m_{24}$ | $m_{28}$ | $m_{30}$ |
|-----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $A$ | ×     |       |       | ×        |          |          | ×        | ×        |          |
| $B$ |       |       | ×     |          |          |          |          |          |          |
| $C$ | ×     |       |       | ×        |          | ×        |          | ×        | ×        |
| $D$ |       |       |       |          | ×        |          |          |          | ×        |
| $E$ |       | ×     |       |          |          | ×        |          | ×        |          |
| $F$ | ×     | ×     |       |          |          |          | ×        |          | ×        |
| $G$ | ×     |       |       | ×        |          |          |          | ×        | ×        |
| $H$ |       |       |       | ×        |          | ×        |          |          |          |

- (a) Ist die Schaltfunktion  $y_4$  vollständig oder unvollständig definiert? Begründen Sie Ihre Antwort (Keine Punkte bei fehlender Begründung). 1 P.

- (b) Bestimmen Sie *alle* disjunktiven Minimalformen der Schaltfunktion  $y_4$ . Beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise. 5 P.

## Aufgabe 2 CMOS-Technologie

(5 Punkte)

In Abbildung 1 ist eine Teilrealisierung einer Schaltfunktion  $y = f(x_6, x_5, x_4, x_3, x_2, x_1, x_0)$  in der CMOS-Technologie dargestellt.

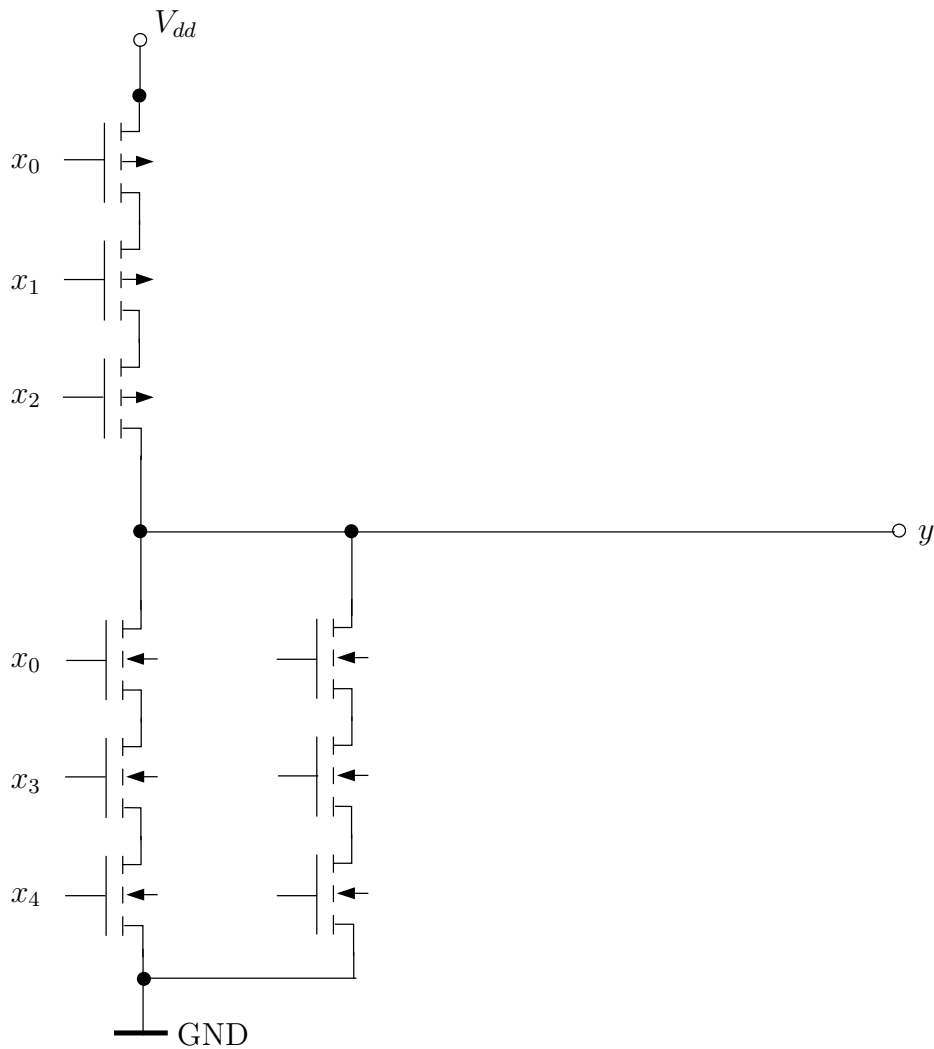


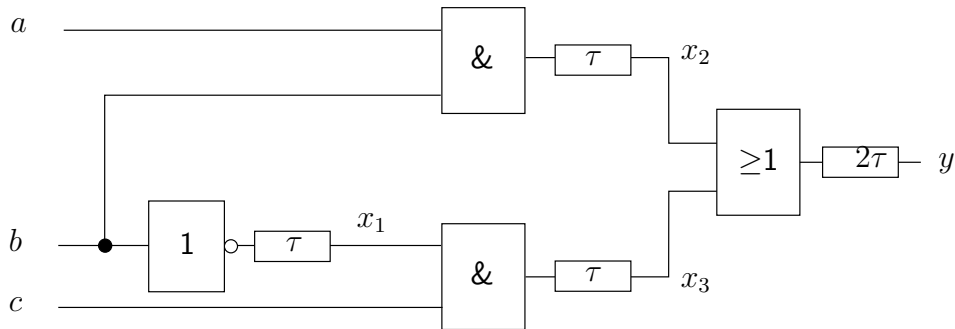
Abbildung 1: Teilrealisierung einer CMOS-Schaltung

1. Ergänzen Sie die Schaltung im p- und n-Teil so, dass eine Realisierung der Schaltfunktion  $y$  in der CMOS-Technologie entsteht. 4 P.
2. Welche Schaltfunktion haben Sie realisiert? 1 P.

**Aufgabe 3** Laufzeiteffekte

(7 Punkte)

Eine Schaltfunktion  $y = f(c, b, a)$  sei durch das Schaltnetz in Abbildung 2 mit den angegebenen Verzögerungszeiten realisiert. Betrachten Sie den **im Lösungsblatt** angegebenen zeitlichen Verlauf der Eingangsvariablen. Zu Beginn liegen alle Eingabevariablen stabil an.

Abbildung 2: Schaltnetz der Schaltfunktion  $y = f(c, b, a)$ 

1. Zeigen Sie anhand eines Zeitdiagramms, ob die folgenden Eingabewechsel einen Hasardfehler auslösen. Die Variablenreihenfolge sei  $(c, b, a)$ . 3 P.
  - (a)  $b$  wechselt auf 1, d. h. Übergang  $B_5 \rightarrow B_7$  zum Zeitpunkt  $t_0$
  - (b)  $b$  wechselt auf 0 zurück, d. h. Übergang  $B_7 \rightarrow B_5$  zum Zeitpunkt  $t_1$
2. Falls Sie Hasardfehler im letzten Aufgabenteil gefunden haben, dann geben Sie an, um welchen Typ von Hasardfehlern es sich handelt und wie sie behoben werden könnten. 2 P.
3. Geben Sie einen Übergang an, der mit einem statischen 1-Funktionshasard behaftet ist. Begründen Sie Ihre Antwort. 2 P.

### Aufgabe 4 Schaltwerke

(11 Punkte)

1. Gegeben sei das in Abbildung 3 dargestellte Schaltwerk mit der Eingangsvariablen  $x$  und der Ausgabevariablen  $y$ .

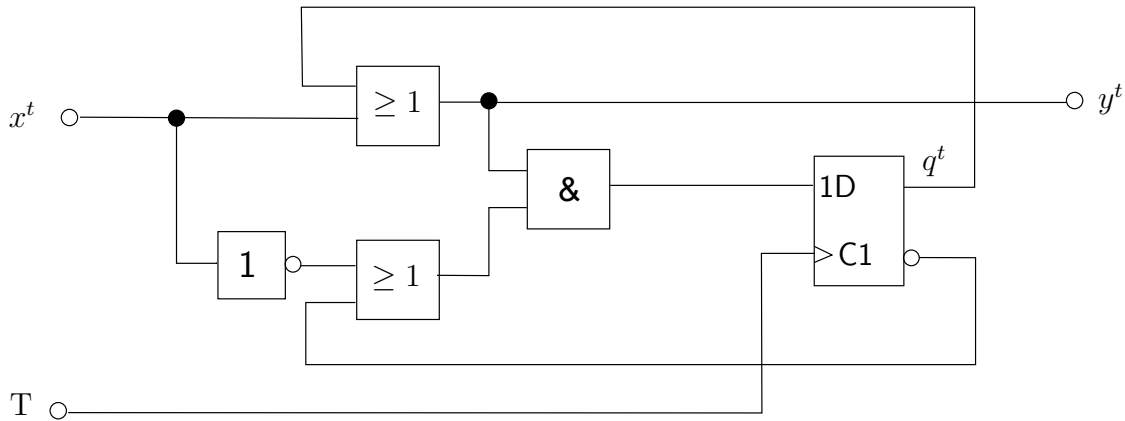


Abbildung 3: Schaltwerk

- (a) Um welchen Automatentyp handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort. 1 P.
- (b) Bestimmen Sie die Ansteuerfunktion des D-Flipflops, die Zustandsübergangsgleichung und Ausgabefunktion. 2 P.
- (c) Zeichnen Sie den Automatengraphen des Schaltwerks. 1 P.
- 
2. Entwerfen Sie ein synchrones Schaltwerk, welches eine beliebig lange Dualzahl bitweise einliest (Variable  $e$ ) und kontinuierlich das logische UND der letzten zwei eingelesenen Werte bildet und ausgibt (Ausgabevariable  $a$ ).
- (a) Zeichnen Sie den Automatengraphen des Schaltwerks. 3 P.
- (b) Die Zustände seien mit den Zustandsvariablen  $q_0, q_1, \dots$  dual kodiert. Bestimmen Sie die Zustandsübergangsgleichungen in disjunktiver Minimalform. 2 P.
- (c) Das Schaltwerk soll mit JK-Flipflops realisiert werden. Bestimmen Sie die Ansteuerfunktionen der notwendigen Flipflops mit Hilfe der Methode des Koeffizientenvergleichs. 2 P.

## Aufgabe 5 Rechnerarithmetik (10 Punkte)

**Hinweis:** Geben Sie in dieser Aufgabe *immer* den Rechenweg an.

1. Geben Sie die Gleitkommadarstellung der folgenden Zahlen im IEEE-754 Standard in einfacher Genauigkeit an. 2 P.

(a)  $10,75_{10}$

(b)  $-0,125_{10}$

2. Was repräsentieren die folgenden Bitmuster, wenn man sie als Zweierkomplement und als Gleitkommazahl im IEEE-754 Standard in einfacher Genauigkeit interpretiert? 2 P.

(a) 1000 1111 1110 1111 1100 0000 0000 0000

(b) 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

**Hinweis:** Sie brauchen die Zweier-Potenzen nicht explizit auszurechnen.

3. Warum wird zur Darstellung der Zahl 0 als normalisierte Zahl im IEEE-754 Standard eine Ausnahmeregel benötigt? 1 P.

4. Der Hauptspeicher eines Rechners mit der Datenwortbreite von 8 Bit unterstützt eine Einzelfehler-Korrektur mit Hilfe des Hamming-Codes. Aus dem Speicher erhält man das Codewort 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1. 2 P.

Prüfen Sie das Codewort auf Fehler, die beim Übertragen oder Speichern entstanden sein könnten und korrigieren Sie diese gegebenenfalls. Geben Sie das zugehörige Datenwort an.

5. Die PPS-Methode (*partial product sum*) zur seriellen Multiplikation zweier  $n$ -Bit Zahlen kann mit Hilfe eines  $n$ -Bit Addierers, eines  $n$ -Bit Registers B, zweier  $n$ -Bit Schieberegister A und P und eines Flipflops E implementiert werden. 3 P.

Skizzieren Sie den Aufbau eines solchen seriellen Multiplizierers. Aus Ihrer Zeichnung soll der Datenfluss erkennbar sein.

## Aufgabe 6 *Mikroprozessor* (5 Punkte)

In Abbildung 4 ist der prinzipielle Aufbau eines Mikroprozessors dargestellt.

5 P.

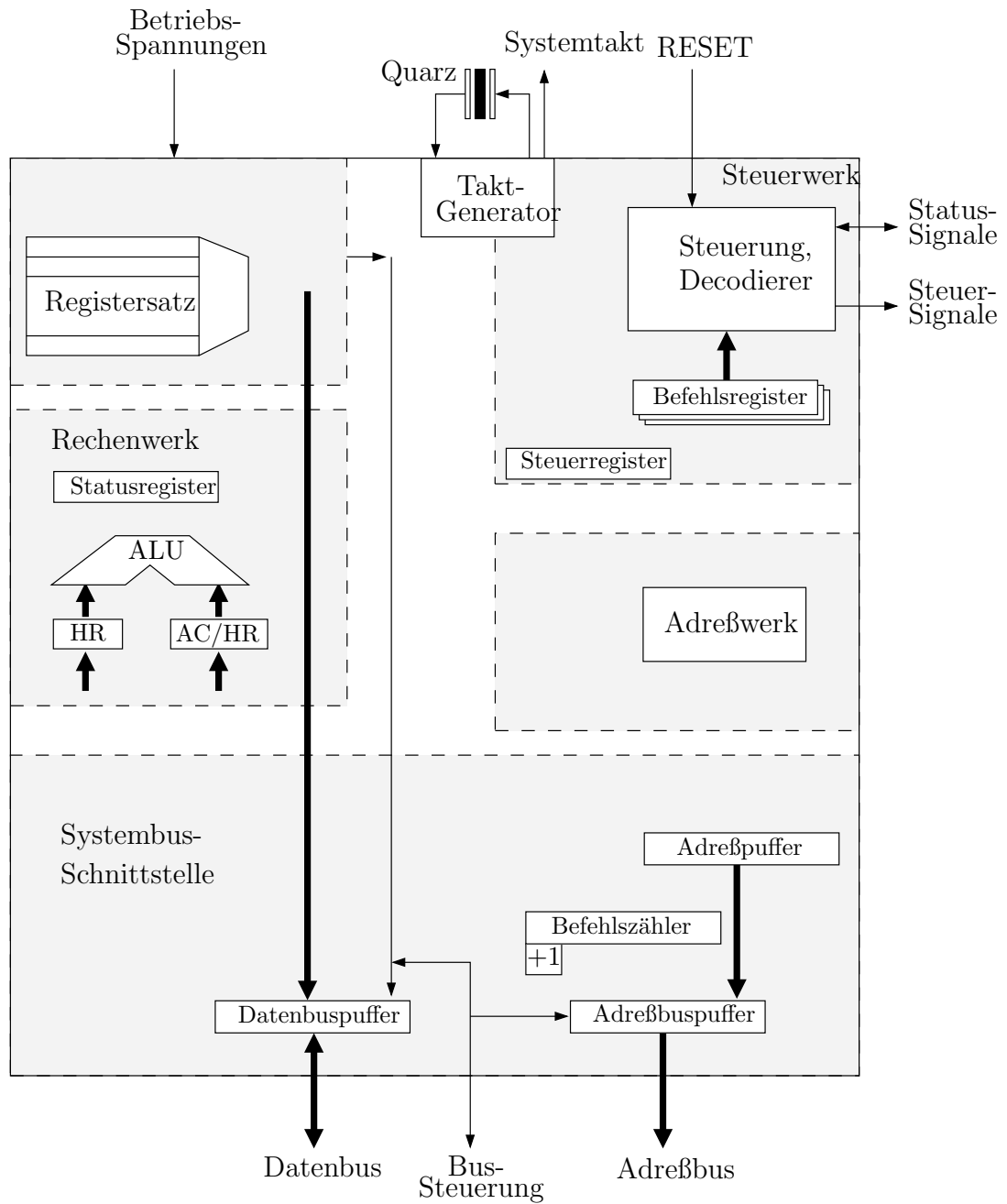


Abbildung 4: Prinzipieller Aufbau eines Mikroprozessors

Vervollständigen Sie die Architektur des Mikroprozessors, indem Sie alle Verbindungen des internen Busses **im Lösungsblatt** einzeichnen.

**Hinweis:** Denken Sie an die Phasen der Befehlsabarbeitung.

**Aufgabe 7** MIPS-Assembler

(11 Punkte)

1. Übersetzen Sie den folgenden C-Code in MIPS-Assembler.

3 P.

```
int a[10];
int sum = 0;

for (i=0; i<10; i++)
    sum = sum + a[i];
```

2. Das folgende MIPS-Programm soll Wörter aus der im Register \$a0 an die im Register \$a1 stehende Adresse kopieren. Die Anzahl der kopierten Wörter steht im Register \$v0. Das Programm terminiert mit einem Nullwort. Das Nullwort soll zwar kopiert, aber nicht gezählt werden.

3 P.

```
        add $v0, $zero, $zero
loop:   lw  $v1, 0x0($a0)
        addi $v0, $v0, 1
        sw  $v1, 0($a1)
        addi $a0, $a0, 1
        addi $a1, $a1, 1
        bne $v1, $zero, loop
```

In der obigen Implementierung haben sich einige Fehler eingeschlichen. Finden Sie diese Fehler. Geben Sie die fehlerfreie Version des Programms an.

3. Führen Sie das folgende MIPS-Programmstück aus und geben Sie die Änderungen in den Register- und Speicherinhalten an. Verwenden Sie die im Lösungsblatt angegebenen Tabellen.

2 P.

```
ori    $t1, $zero, 0x20
lw     $t2, 0x0($t3)
add    $t4, $t3, $t1
sw     $t4, 0x8($t3)
sub    $t2, $t1, $t2
lui    $t0, 0xFFFF
```

Registersatz

| Register | Inhalt |
|----------|--------|
| \$t0     | 0x00   |
| \$t1     | 0x14   |
| \$t2     | 0x16   |
| \$t3     | 0x28   |
| \$t4     | 0x1234 |

Hauptspeicher

| Adresse | Inhalt |
|---------|--------|
| \$0x20  | 0x10   |
| \$0x24  | 0x30   |
| \$0x28  | 0x40   |
| \$0x2C  | 0x50   |
| \$0x30  | 0x60   |

4. Kreuzen Sie bitte im Lösungsblatt für jede der Behauptungen zu den folgenden MIPS-Befehlsfolgen an, ob sie Ihrer Meinung nach richtig oder falsch ist. Nicht angekreuzte Behauptungen zählen nicht und gehen somit nicht in die Bewertung ein. Zur Ermittlung der Punktzahl werden von den richtig angekreuzten Behauptungen die falsch angekreuzten Behauptungen abgezogen; ein negativer Übertrag in andere Teilaufgaben erfolgt nicht.

3 P.

(a)

```
xor $t0, $t0, $t1
xor $t1, $t1, $t0
xor $t0, $t0, $t1
```

(b)

```
li $t0, 5
li $t1, 0
li $s0, 1
loop: addi $t1, $t1, 1
      mul $s0, $s0, $t1
      ble $t1, $t0, loop
```

(c)

```
sll $t1, $t0, 8
sll $t2, $t0, 2
add $t3, $t1, $t2
add $t0, $t3, $t0
```

**Aufgabe 8** *Pipelining*

(11 Punkte)

1. Bestimmen Sie alle Datenabhängigkeiten im folgenden Programmstück:

3 P.

```
S1:      addi  $t1, $t0, 1
S2:      srli  $t2, $t1, 2
S3:      or   $t3, $t1, $t2
S4:      srli  $t1, $t3, 4
S5:      add  $t4, $t2, $t3
```

2. Das folgende Programmstück soll auf einem Prozessor mit einer DLX-Pipeline ohne Forwarding ausgeführt werden. Fügen Sie in das Programmstück möglichst wenige NOP-Befehle, damit keine Konflikte auftreten.

4 P.

```
S1:      anfang:  andi $t2, $t1, 1
S2:              beqz $t2, weiter
S3:              subi $t1, $t1, 1
S4:              j  anfang
S5:      weiter:  srli $t1, $t1, 1
S6:              j  anfang
S7:              addi $t3, $t0, 1
```

3. Ergänzen Sie den im Lösungsblatt angegebenen Datenpfad für die MIPS-Architektur (DLX-Pipeline).

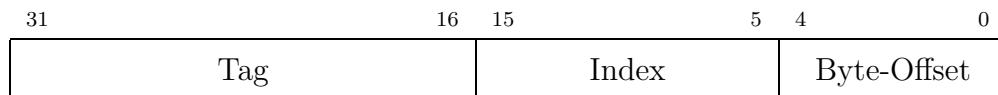
4 P.

- (a) Geben Sie die fehlenden Bezeichnungen der Funktionsblöcke an, die in der Abbildung auf Seite 14 **im Lösungsblatt** schraffiert und mit xxxx markiert sind.
- (b) Zeichnen Sie alle fehlenden Verbindungen.

## Aufgabe 9 Cache

(10 Punkte)

1. Gegeben sei ein 2-fach-satzassoziativer Cache-Speicher (*2-way-set-associative cache*) mit der folgenden Unterteilung der Hauptspeicheradresse



- (a) Wie viele Bytes enthält ein Cache-Block? 1 P.
- (b) Wie groß ist die Kapazität des Cache-Speichers? 1 P.
- (c) Bestimmen Sie den insgesamt erforderlichen Speicherbedarf für die Realisierung des Cache-Speichers? Nehmen Sie dabei an, dass zwei Statusbits (*Valid* und *Dirty*) zur Verwaltung eines Cacheblocks verwendet werden. 2 P.
- (d) Der Prozessor greift auf die Speicheradresse `0x00EF1A34` zu. Mit wie vielen und welchen Zeilen im Cache wird ein Vergleich durchgeführt, um herauszufinden, ob ein Cache-Hit vorliegt? 2 P.
2. Gegeben sei ein direkt abgebildeter Cache (*direct mapped*) mit einer Speicherkapazität von 128 Byte und einer Blockgröße von 16 Bytes. Als Aktualisierungsstrategie wird das Rückschreib-Verfahren (*write back*) verwendet. Die Hauptspeicheradresse ist 32 Bit breit. Zur Verwaltung eines Cacheblocks werden zwei Statusbits verwendet: ein *Valid*-Bit (Abkürzung: *V*) und ein *Dirty*-Bit (Abkürzung: *D*). 4 P.

Der Zustand des Cache-Speichers sei durch Tabelle 1 angegeben. Dabei kennzeichnet  $V = 1$  einen gültigen Eintrag im Cache und  $D = 1$  einen Eintrag im Cache, der gegenüber seiner Originalkopie verändert wurde.

| Cache-Speicher |               |               |     |
|----------------|---------------|---------------|-----|
| Zeile          | <i>D</i> -Bit | <i>V</i> -Bit | Tag |
| 0              | 0             | 1             | 1   |
| 1              | 0             | 1             | 1   |
| 2              | 0             | 0             | 4   |
| 3              | 0             | 1             | 5   |
| 4              | 1             | 1             | 0   |
| 5              | 0             | 1             | 3   |
| 6              | 1             | 1             | 0   |
| 7              | 0             | 0             | 1   |

Tabelle 1: Anfangsbelegung des Cache-Speichers

Betrachten Sie die folgenden Lese- und Schreibzugriffe auf die folgenden Hauptspeicheradressen:

|            |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Adresse    | 0x44 | 0xA0 | 0xC3 | 0x9E | 0x66 | 0x2D | 0x6B | 0x49 |
| read/write | w    | r    | w    | r    | r    | w    | r    | w    |

Geben Sie an, ob es sich beim Zugriff auf die jeweiligen Adressen um einen Cache-Miss oder einen Cache-Hit handelt. Verwenden Sie dabei „—“ für Cache-Miss und „×“ für Cache-Hit. Geben Sie an, ob der entsprechende Cacheblock in den Hauptspeicher zurückkopiert werden muss (**ja**) oder nicht (**nein**).

## Aufgabe 10 *Verschiedenes*

(8 Punkte)

1. Was versteht man unter dem *Y-Diagramm*? Zeichnen Sie das Y-Diagramm von Gajski und beschriften Sie die „Achsen“ und die verschiedenen Entwurfsebenen. 4 P.
2. Was versteht man unter einem TLB? 2 P.
3. Kreuzen Sie bitte für jede der Behauptungen im Lösungsblatt an, ob sie Ihrer Meinung nach richtig oder falsch ist. Nicht angekreuzte Behauptungen zählen nicht und gehen somit nicht in die Bewertung ein. Zur Ermittlung der Punktzahl werden von den richtig angekreuzten Behauptungen die falsch angekreuzten Behauptungen abgezogen; ein negativer Übertrag in andere Teilaufgaben erfolgt nicht. 2 P.