

## Übungsblatt 13

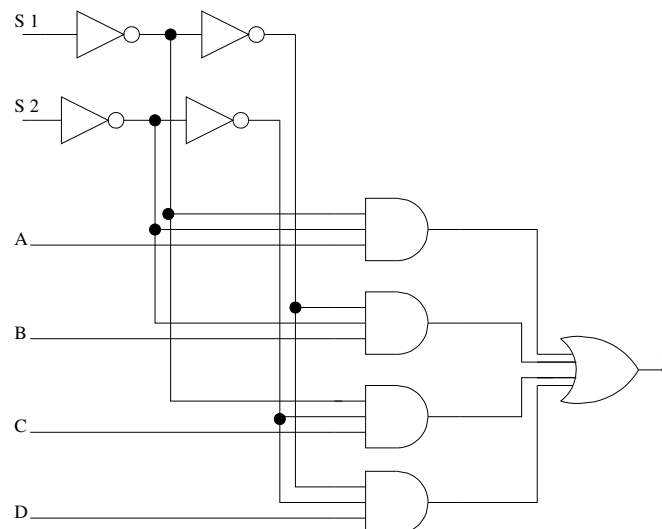
### Rechnerarchitektur im SoSe 2021

- Abgabetermin:** Für dieses Blatt ist keine Abgabe vorgesehen!
- Besprechung:** Dieses Übungsblatt dient der Vorbereitung auf die Klausur und wird nicht besprochen. Eine Lösung kann nicht zur Verfügung gestellt werden!
- Ankündigungen:**
- Am Montag, den **12. Juli 2021** findet von **18.00 – 20.00 Uhr ein Sondertutorium via Zoom** statt für alle statt, an dem nochmal gezielt Fragen zum Stoff gestellt werden können. In der Woche vom 12. – 16. Juli 2021 finden keine regulären Übungen und auch keine Vorlesung statt.
  - Die **Klausur** findet am **15. Juli 2021** statt. Bitte melden Sie sich **bis spätestens 11. Juli 2021, 23:59 Uhr** zur Klausur bei uni2work **an** bzw. **ab**.
  - Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

#### Aufgabe 1: (K) Schaltnetze

(– Pkt.)

Betrachten Sie das folgende Schaltbild.



- Beschreiben Sie das Schaltnetz mittels einer Booleschen Funktion für Z!
- Ordnen Sie das Schaltnetz einem Ihnen bekannten Schaltungsbaustein höherer Ordnung zu (Name dieses Bausteins). Wozu werden diese Bausteine ganz allgemein benötigt?

**Aufgabe 2: (K) Optimierung von Schaltnetzen**

(– Pkt.)

- a. Gegeben sei die Wahrheitstabelle einer partiellen Booleschen Funktion  $g(x_1, x_2, x_3, x_4)$ . Un-definierte Ausgaben sind mit einem D gekennzeichnet:

|    | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $g(x_1, x_2, x_3, x_4)$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0                       |
| 1  | 0     | 0     | 0     | 1     | 1                       |
| 2  | 0     | 0     | 1     | 0     | 1                       |
| 3  | 0     | 0     | 1     | 1     | 0                       |
| 4  | 0     | 1     | 0     | 0     | D                       |
| 5  | 0     | 1     | 0     | 1     | D                       |
| 6  | 0     | 1     | 1     | 0     | 0                       |
| 7  | 0     | 1     | 1     | 1     | 1                       |
| 8  | 1     | 0     | 0     | 0     | 0                       |
| 9  | 1     | 0     | 0     | 1     | 1                       |
| 10 | 1     | 0     | 1     | 0     | 0                       |
| 11 | 1     | 0     | 1     | 1     | 0                       |
| 12 | 1     | 1     | 0     | 0     | D                       |
| 13 | 1     | 1     | 0     | 1     | 1                       |
| 14 | 1     | 1     | 1     | 0     | D                       |
| 15 | 1     | 1     | 1     | 1     | 0                       |

Minimieren Sie die Funktion  $g$  unter Verwendung eines Karnaugh-Diagramms. Beachten Sie dabei die **Don't Care** Argumente und fassen Sie dabei möglichst viele Felder zusammen. Geben Sie abschließend die minimierte Funktion in disjunktiver Form an.

**Aufgabe 3: (K) Zahlendarstellung**

(– Pkt.)

Beantworten Sie die folgenden Fragen im Bezug auf die Dualdarstellung von Ganzzahlen und Gleitkommazahlen:

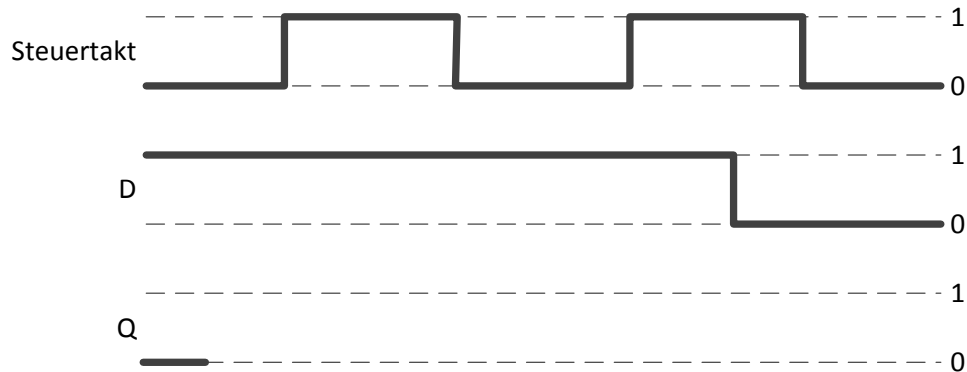
- Geben Sie die größte und die kleinste Dezimalzahl samt ihrer Binärdarstellung an, die jeweils unter Verwendung von 11 Bit in der Zweierkomplementdarstellung darstellbar sind.
- Geben Sie die Zweierkomplementdarstellung der beiden Dezimalzahlen -59 und 128 unter Verwendung von 9 Bit an. Berechnen Sie danach die Summe (-59 + 128). Hat bei Ihrer Addition ein Überlauf (Overflow) stattgefunden? Begründen Sie kurz Ihre Antwort.
- Erläutern Sie kurz, warum man bei der Darstellung einer Gleitkommazahl nach dem Standard IEEE 754 die Bias-Notation verwendet?
- Wandeln Sie folgende Zahl, die in Gleitkommadarstellung (IEEE 754) gegeben ist, in ihre Dezimaldarstellung um. Sie dürfen das Ergebnis auch in Bruchdarstellung angeben.

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |  |  |  |  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|--|--|--|--|
| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22       | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4           | 3 | 2 | 1 | 0 |  |  |  |  |
| 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |
| S  |    |    |    |    |    |    |    |    | Exponent |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   | Significand |   |   |   |   |  |  |  |  |

## Aufgabe 4: (K) Flip-Flop-Schaltungen

(– Pkt.)

Betrachten Sie das folgende Impulsdiagramm einer D-Flip-Flop-Schaltung. Nehmen Sie an, dass der D-Flip-Flop bei steigender Flanke schaltet. Gehen sie davon aus, dass der Baustein ohne Zeitverzögerung schaltet. Vervollständigen Sie das folgende Impulsdiagramm!



## Aufgabe 5: (K) Assemblerprogrammierung unter SPIM

(– Pkt.)

Beantworten Sie die folgenden Fragen zum Thema Assemblerprogrammierung des MIPS-Prozessors. **Hinweis:** Eine Übersicht zu den wichtigsten SPIM-Befehlen finden Sie am Ende des Klausurhefts.

- a. Gegeben sei folgendes Programm in SPIM, in dem einige Kommentare eingefügt sind:

```

1  .data
2
3  x: .word 3, 7, 1, 2
4  y: .word 2, 1, 8, 4
5
6
7  .text
8  main:  li      $s0, 4          # Kommentar 1:
9
10         move   $t0, $zero     # Kommentar 2:
11
12         move   $t1, $zero     # Kommentar 3:
13
14
15  while: bge    $t0, $s0, end   # Kommentar 4:
16
17         mul    $t2, $t0, 4    # Kommentar 5:
18
19         lw     $t3, x($t2)    # Kommentar 6:
20
21         lw     $t4, y($t2)    # Kommentar 7:
22
23         mul    $t5, $t3, $t4  # Kommentar 8:
24

```

```

25      add    $t1, $t1, $t5
26
27      addi   $t0, $t0, 1      # Kommentar 9:
28
29      j      while
30
31
32 end:  li    $v0, 1
33      move   $a0, $t1
34      syscall                # Kommentar 10:
35      j      exit
36
37
38 exit:  li    $v0, 10
39      syscall                # Programm beenden

```

Ordnen Sie in diesem Programm jeder Zeile, die mit “# Kommentar <Nr>:” versehen ist, den jeweils genau passenden der folgenden Kommentare zu. Tragen Sie dazu die Nummer des richtigen Kommentars aus der folgenden Liste in den obigen Coderahmen hinter der betreffenden Kommentarzeile ein!

| Nr.   | Kommentar         | Nr.    | Kommentar                    |
|-------|-------------------|--------|------------------------------|
| (i)   | while j < 4       | (vi)   | Ergebnis initialisieren      |
| (ii)  | Ergebnis ausgeben | (vii)  | $temp = x_i \cdot y_i$       |
| (iii) | Lade $y_i$        | (viii) | Mit Wortlänge multiplizieren |
| (iv)  | $j = j + 1$       | (ix)   | $j = 0$                      |
| (v)   | Lade $x_i$        | (x)    | Lade Länge des Arrays        |

- b. Beschreiben Sie kurz, was das oben angegebene Programm aus Teilaufgabe a) bewirkt!
- c. Unabhängig von Teilaufgabe a) sei nun die folgende Befehlssequenz eines Unterprogramms gegeben:

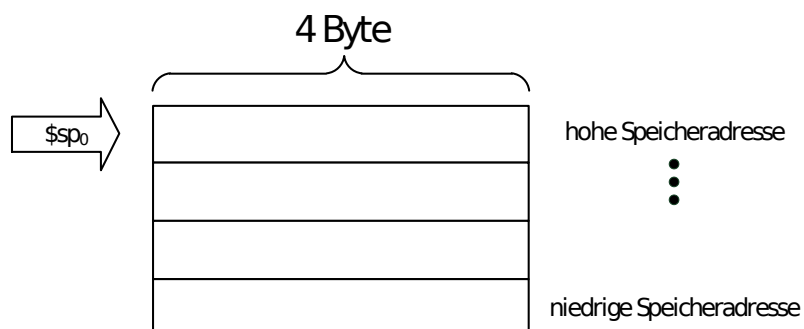
```

1      move   $t0, $a0
2      move   $t1, $a1
3      move   $t2, $a2
4
5      add    $v0, $t0, $t1
6      add    $v0, $v0, $t2
7      div    $v0, $v0, 3
8
9      jr    $ra

```

Um welche Art der Wertübergabe handelt es sich beim Aufruf dieses Unterprogramms?

- d. Unabhängig von Teilaufgabe a) sei nun folgendes Stack-Layout gegeben:

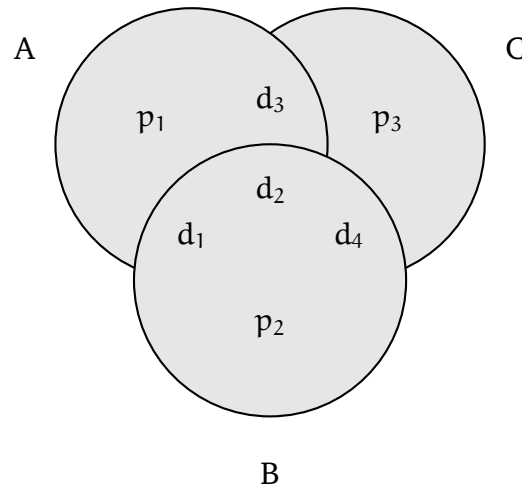


Geben Sie eine Sequenz von SPIM Befehlen an, die dieses Layout erzeugt. Beachten Sie, dass Sie Platz auf dem Stack schaffen müssen und dass dies nach der MIPS-Konvention geschehen soll. Dabei bezeichnet  $\$sp_0$  die Position (bzw. den Inhalt) des Stackpointers vor der von Ihnen gegebenen Befehlssequenz und  $\$sp_1$  die Position (bzw. den Inhalt) des Stackpointers nach Ihrer Befehlssequenz.

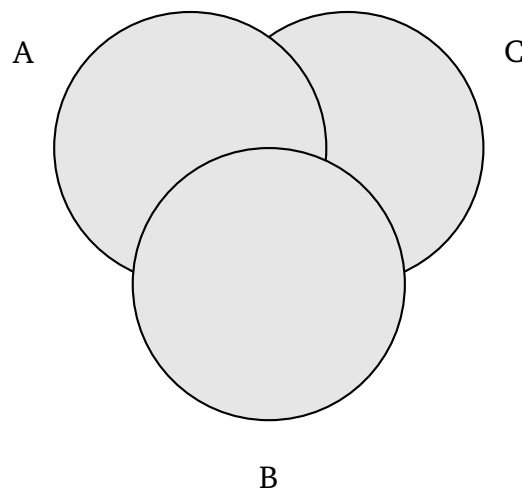
## Aufgabe 6: (K) Fehlererkennungs-codes

(– Pkt.)

Wir gehen von folgender Struktur der Code-Wörter  $d_1 d_2 d_3 d_4 p_1 p_2 p_3$  aus. Wobei  $d_i$  ( $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ) für das jeweilige Datenbit und  $p_j$  ( $j \in \{1, 2, 3\}$ ) für das jeweilige Prüf- bzw. Paritätsbit steht. Die Paritätsbits zur Fehlererkennung bzw. Fehlerkorrektur für ein Datenwort  $d_1 d_2 d_3 d_4$  können anschaulich mit Hilfe eines Venn-Diagramms berechnet werden, in welchem sich die Bits wie folgt anordnen:

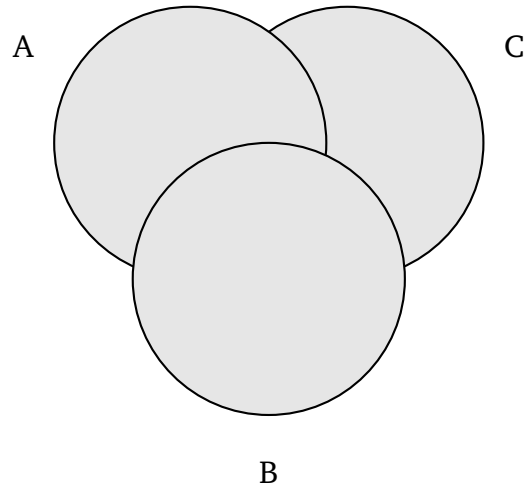


- a. Berechnen Sie unter Verwendung des folgenden Venn-Diagramms die Prüfbits für das Datenwort **0110**. Verwenden Sie dazu **gerade Parität**. Tragen Sie zunächst die Datenbits in die für die Berechnung sinnvollen (Schnitt-)Mengen ein.



- b. Gehen Sie nun davon aus, dass Sie ein mit dem zuvor beschriebenen Code codiertes Code-Wort **0001101** empfangen haben. Es wurde **gerade Parität** verwendet. Handelt es sich um ein gültiges Codewort? Falls nein, treffen Sie eine Aussage darüber, an welcher/welchen

Stelle/Stellen mutmalich (ein) Bitfehler aufgetreten ist/sind. Verwenden Sie zur Berechnung das folgenden Venn-Diagramm. Korrigieren Sie (falls nötig) den/die Fehler **innerhalb** des Venn-Diagramms und geben Sie das (ggf. korrigierte) 4-Bit Datenwort an.



### Aufgabe 7: (K) Quantenannealing

(– Pkt.)

Angenommen, es sollen drei Elektroautos  $\{1, 2, 3\}$  unterschiedlicher Autohersteller aufgeladen werden. Dafür stehen drei Ladesäulen  $\{A, B, C\}$  zur Verfügung. Jede der Ladesäulen wird von einem der Autohersteller, von denen auch die Autos sind, betrieben. Grundsätzlich kann jedes der Autos an einer beliebigen Säule geladen werden. Es ist jedoch besonders günstig, wenn jedes der Autos an der Säule des Herstellers geladen wird, was den Paarungen  $(1, B)$ ,  $(2, C)$  und  $(3, A)$  entspricht. Unter allen theoretisch denkbaren Zuordnungen gibt es zudem „katastrophale“ Ereignisse. Füllen Sie folgenden Matrix mit den Zahlenwerten  $\{-2, 0, 5\}$ , je nachdem, wie günstig eine Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann.

|  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  |    | 1A | 1B | 1C | 2A | 2B | 2C | 3A | 3B | 3C |
|  | 1A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 1B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 1C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 2A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 2B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 2C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 3A |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 3B |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  | 3C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

### Aufgabe 8: (H) Einfachauswahlaufgabe: Wiederholung und Optimierung von Schaltnetzen

(5 Pkt.)

Für jede der folgenden Fragen ist eine korrekte Antwort auszuwählen („1 aus n“). Nennen Sie dazu in Ihrer Abgabe die jeweils ausgewählte Antwortnummer ((i), (ii), (iii) oder (iv)). Eine korrekte Antwort ergibt jeweils einen Punkt. Mehrfache Antworten oder eine falsche Antwort werden mit 0 Punkten bewertet.

|  |                      |   |   |
|--|----------------------|---|---|
| a) Welche Dualzahl entspricht dem hexadezimalen Wert C9?   |                      |   |   |
| (i) 11001001   | (ii) 10000001        | (iii) 10111111                                      | (iv) 10101010                                     |
| b) Wie lautet eine der De Morganschen Regeln?  |                      |   |   |
| (i) $a + \bar{a} = 1$  | (ii) $a \cdot 0 = 0$ | (iii) $a \cdot (b + c) = (a \cdot b) + (a \cdot c)$ | (iv) $\overline{(a + b)} = \bar{a} \cdot \bar{b}$ |
| c) Wie lautet die Belegung von \$t2 nach Ausführung des folgenden SPIM-Codes?                    |                      |   |   |
| <pre>.data var: .word 8, 32, 17, 4, 9  .text main: lw \$t1, var       lw \$t2, var+8(\$t1)</pre> |                      |   |   |
| (i) 8  | (ii) 12              | (iii) 9   | (iv) 4  |

d) Sei folgende Wahrheitstafel einer Booleschen Funktion  $f : B^2 \rightarrow B$  gegeben. Welcher Ausdruck entspricht nicht dieser Funktion?

| i | $x_1$ | $x_2$ | $f(x_1, x_2)$ |
|---|-------|-------|---------------|
| 0 | 0     | 0     | 1             |
| 1 | 0     | 1     | 0             |
| 2 | 1     | 0     | 1             |
| 3 | 1     | 1     | 1             |

|  |  |  |                                      |
|--|--|--|--------------------------------------|
| (i) $f(x_1, x_2) = \overline{(x_1 \cdot x_1)} \cdot x_2$   | (ii) $f(x_1, x_2) = (x_1 + \bar{x}_2) \cdot (\bar{x}_1 + \bar{x}_2)$ | (iii) $f(x_1, x_2) = \overline{(\bar{x}_1 \cdot x_2)}$ | (iv) $f(x_1, x_2) = x_1 + \bar{x}_2$ |
| e) Sei folgende Boolesche Funktion gegeben $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \bar{x}_3\bar{x}_4 + x_2\bar{x}_3x_4 + \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4 + x_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4$ . Wobei handelt es sich um einen Primimplikant von $f$ ? |  |  |                                      |
| (i) $\bar{x}_1$  | (ii) $x_1\bar{x}_3$  | (iii) $\bar{x}_3$                                      | (iv) $x_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4$      |