

# Klausur Digitaltechnik

Prof. Dr. Sybille Hellebrand  
Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Fachgebiet Datentechnik  
Universität Paderborn

**27. Juli 2020**

Aufkleber

Name:	
Matrikelnummer:	
Studiengang:	

Punkteverteilung						
Aufgabe	1	2	3	4	5	$\Sigma$
maximale Punkte	10	20	20	20	20	90
erreichte Punkte						

<b>Note:</b>	
--------------	--

4-ECTS-Punkte Regelung: ☐ Ja ☐ Nein

**Hinweise:**

- Für die Lösung der Klausuraufgaben sind ausschließlich die Aufgabenblätter zu verwenden.
- Lösungsangaben außerhalb der Aufgabenblätter („Schmierzettel“, etc.) werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt!
- Beschriften Sie jede Doppelseite mit Ihrer Matrikelnummer.
- Mit Bleistift oder der Korrekturfarbe rot angefertigte Lösungen werden nicht bewertet.
- Die Verwendung von „Tipp-Ex“ oder Tintenkiller ist untersagt.
- Es ist ein handgeschriebener DIN-A4 Zettel als Hilfsmittel zugelassen!
- Es sind keine weiteren Hilfsmittel zugelassen.
- Die Aufgabe 5 muss von Studierenden, welche für die Veranstaltung nur 4-ECTS-Punkte erhalten nicht bearbeitet werden!

**Aufgabe 1:** (Multiple Choice)

(10 Punkte)

- (a) Gegeben ist die 2-stellige Dezimalzahl  $15_{10}$ . Geben Sie die Zahl als 5-stellige Binärzahl in 2er-Komplement Darstellung an.

Kreuzen Sie die korrekte Lösung an.

(2 Punkte)

- ☐  $01111_{2C}$
- ☐  $11111_{2C}$
- ☐  $11110_{2C}$
- ☐  $00111_{2C}$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- (b) Gegeben ist die 4-stellige Hexadezimalzahl  $A4D7_{16}$ . Wandeln Sie die Hexadezimalzahl in eine Binärzahl um.

Kreuzen Sie die korrekte Lösung an.

(2 Punkte)

- ☐  $1100001011101011_2$
- ☐  $1010010011010111_2$
- ☐  $1011010010010111_2$
- ☐  $0110001011011011_2$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- (c) Gegeben ist die 8-Bit Binärzahl  $10111101_{2C}$  in 2er-Komplement Darstellung. Welche Dezimalzahl wird von dieser Binärzahl repräsentiert?

Kreuzen Sie die korrekte Lösung an.

(2 Punkte)

- ☐  $-35$
- ☐  $35$
- ☐  $-67$
- ☐  $67$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- (d) Gegeben ist die Dezimalzahl  $74_{10}$ . Geben Sie die Zahl als Binärzahl in Excess-128 Darstellung an.

Kreuzen Sie die korrekte Lösung an.

(2 Punkte)

- ☐  $01001010_2$
- ☐  $10001000_2$
- ☐  $11001010_2$
- ☐  $10001010_2$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- (e) Gegeben ist die 32-stellige Binärzahl  $01000001001011100000000000000000_2$  im IEEE 754 Gleitkommaformat. Welche Dezimalzahl wird von dieser Binärzahl dargestellt?

Kreuzen Sie die korrekte Lösung an.

(2 Punkte)

- ☐  $13,4375_{10}$
- ☐  $21,75_{10}$
- ☐  $-21,75_{10}$
- ☐  $10,875_{10}$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

**Aufgabe 2:** (Logikoptimierung)

(20 Punkte)

Die Boolesche Funktion  $f : \mathbb{B}^4 \rightarrow \mathbb{B}^1$  mit  $\mathbb{B} = \{0, 1\}$  ist spezifiziert durch folgende Einstellen:

$$\varepsilon = \{0001, 0101, 0110, 1000, 1010\}$$

- (a) Wie viele Gatter werden für die DNF ohne Logikoptimierung benötigt?

Es dürfen UND-Gatter mit 4 Eingängen und ODER-Gatter mit 5 Eingängen verwendet werden. (2 Punkte)

i. INVERTER:

i. \_\_\_\_\_

ii. UND (4 Eingänge):

ii. \_\_\_\_\_

iii. ODER (5 Eingänge):

iii. \_\_\_\_\_

- (b) Wie viele Gatter werden für die DNF ohne Logikoptimierung benötigt, wenn nur UND-Gatter und ODER-Gatter mit 2 Eingängen verwendet werden. (2 Punkte)

i. INVERTER:

i. \_\_\_\_\_

ii. UND (2 Eingänge):

ii. \_\_\_\_\_

iii. ODER (2 Eingänge):

iii. \_\_\_\_\_

(c) Gegeben ist eine Boolesche Funktion  $g(a, b, c, d)$  mit folgenden Einsstellen:

$$\varepsilon = \{0010, 0101, 0111, 1000, 1001, 1010, 1100, 1110\}$$

Berechnen Sie alle Primimplikanten mit Hilfe des Algorithmus von Quine-McCluskey.

Markieren Sie alle gefundenen Primimplikanten mit ✓.

(10 Punkte)

$L_0$	✓	$L_1$	✓	$L_2$	✓	$L_3$	✓

$\mathcal{P} =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Name:

Matrikelnummer:

---

$L_0$	✓	$L_1$	✓	$L_2$	✓	$L_3$	✓

**Ersatztable, ungültige Lösungen streichen!**

- (d) Reduzieren Sie, so weit wie möglich, die gegebene Primimplikantenmatrix mit der **Spaltendominanz**. (3 Punkte)

P/m	a	b	c	d	e	f	g	h	i
$\mathcal{P}_1$	X				X				X
$\mathcal{P}_2$	X	X	X	X	X				X
$\mathcal{P}_3$	X	X	X		X				X
$\mathcal{P}_4$	X		X	X					X
$\mathcal{P}_5$						X	X		
$\mathcal{P}_6$						X			
$\mathcal{P}_7$						X		X	
$\mathcal{P}_8$					X		X	X	

**Spaltendominanz:** Streiche Spalten: \_\_\_\_\_

- (e) Bestimmen Sie eine minimale Überdeckung der Minterme aus der reduzierten Primimplikantenmatrix vom Aufgabenteil (d). Reduzieren Sie die Primimplikantentafel in folgender Reihenfolge:

1. Zeilendominanz
2. essentielle Primimplikanten
3. (Falls nötig) Heuristik (kleinster Index)

Falls nötig, wählen Sie den Primimplikanten mit dem kleinsten Index als Auswahlheuristik. Führen Sie die verschiedenen Schritte jeweils in einer eigenen Tabelle durch. Kommentieren Sie die durchgeführten Schritte. (3 Punkte)

P/m									

**Zeilendominanz:** \_\_\_\_\_



Name:

Matrikelnummer:

---

P/m									

Aktion: \_\_\_\_\_

P/m									

Aktion: \_\_\_\_\_

P/m									

Aktion: \_\_\_\_\_

Lösung: \_\_\_\_\_

P/m									

**Ersatztafel, ungültige Lösungen streichen!**

Aktion: \_\_\_\_\_

P/m									

**Ersatztafel, ungültige Lösungen streichen!**

Aktion: \_\_\_\_\_

P/m									

**Ersatztafel, ungültige Lösungen streichen!**

Aktion: \_\_\_\_\_

Name:

Matrikelnummer:

**Aufgabe 3:** (Automaten)

(20 Punkte)

- (a) Gegeben ist ein durch folgende Automatentabelle (Abbildung 1) spezifizierter Mealy-Automat: (10 Punkte)

$\delta/\lambda$	a	b	c
A	E / 1	A / 0	B / 0
B	B / 1	F / 1	A / 0
C	C / 0	F / 1	C / 0
D	B / 1	C / 0	E / 0
E	E / 1	E / 1	B / 1
F	F / 0	C / 1	F / 0

Abbildung 1: Automatentabelle eines Mealy-Automaten

Bestimmen Sie den äquivalenten zustandsminimalen Mealy-Automaten mit Hilfe des Ginsburg/Huffman-Verfahrens.

$\delta/\lambda$	a	b	c

$\delta/\lambda$	a	b	c

$\delta/\lambda$	a	b	c

$\delta/\lambda$	a	b	c

$\delta/\lambda$	a	b	c

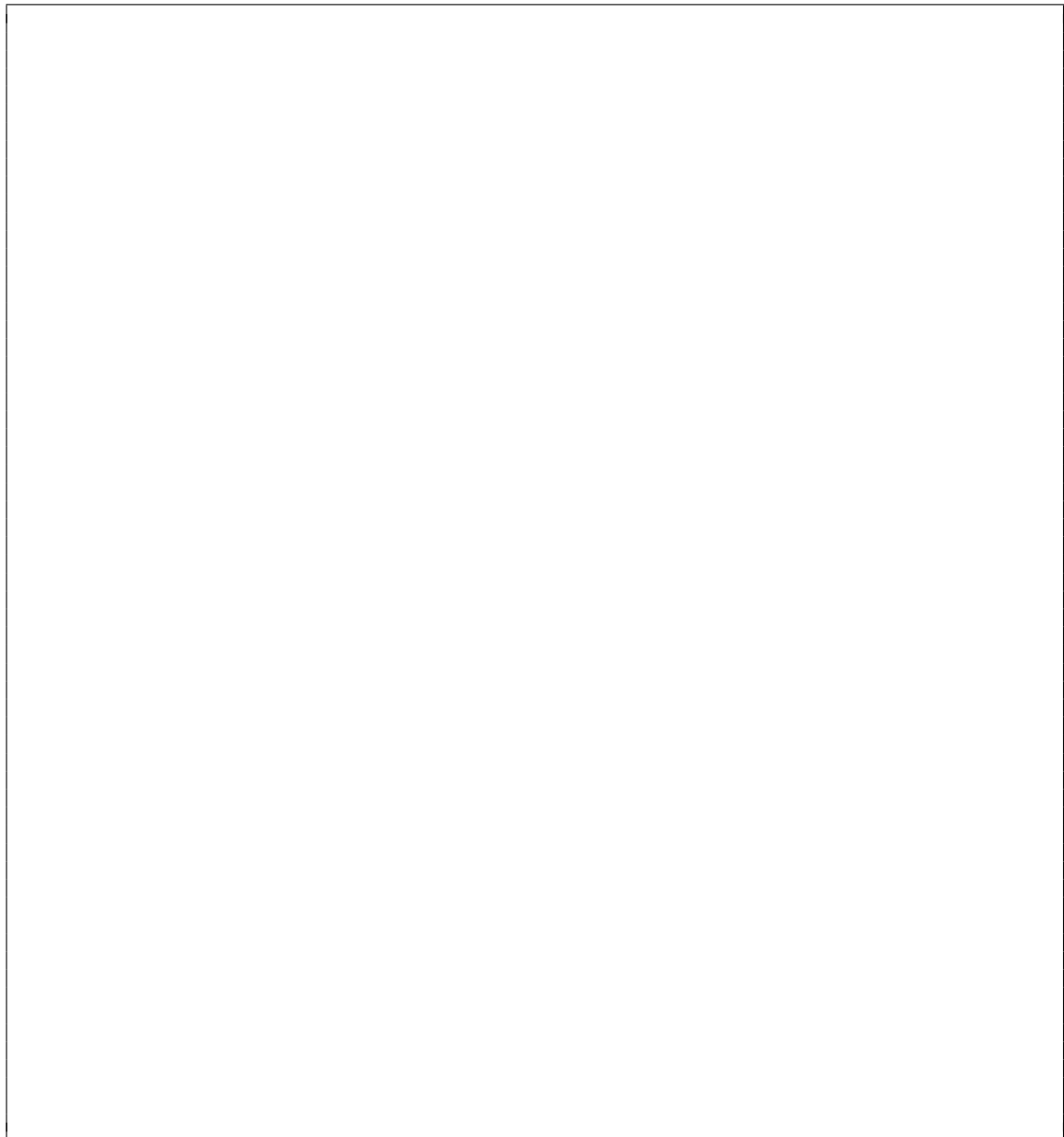
$\delta/\lambda$	a	b	c

**Ersatztabellen, ungültige Lösung streichen!**

- (b) Geben Sie für den folgenden Automaten (Abbildung 2) den Mealy-Automatengraphen an, wobei A der Startzustand sein soll. (5 Punkte)

$\delta/\lambda$	0	1
A	B / 3	B / 8
B	D / 7	C / 8
C	A / 3	B / 0
D	C / 6	A / 7

Abbildung 2: Automatentabelle eines Mealy-Automaten



Name:

Matrikelnummer:

- (c) Geben Sie für den folgenden Mealy-Automaten (Abbildung 3) den äquivalenten Moore-Automatengraphen an. (5 Punkte)

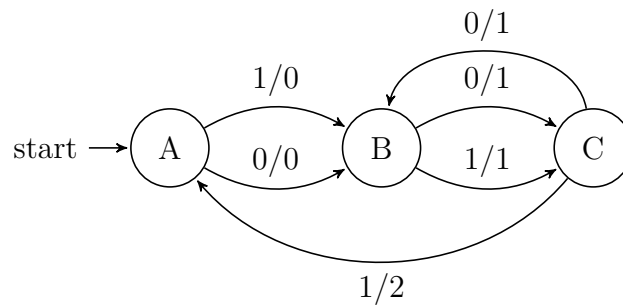
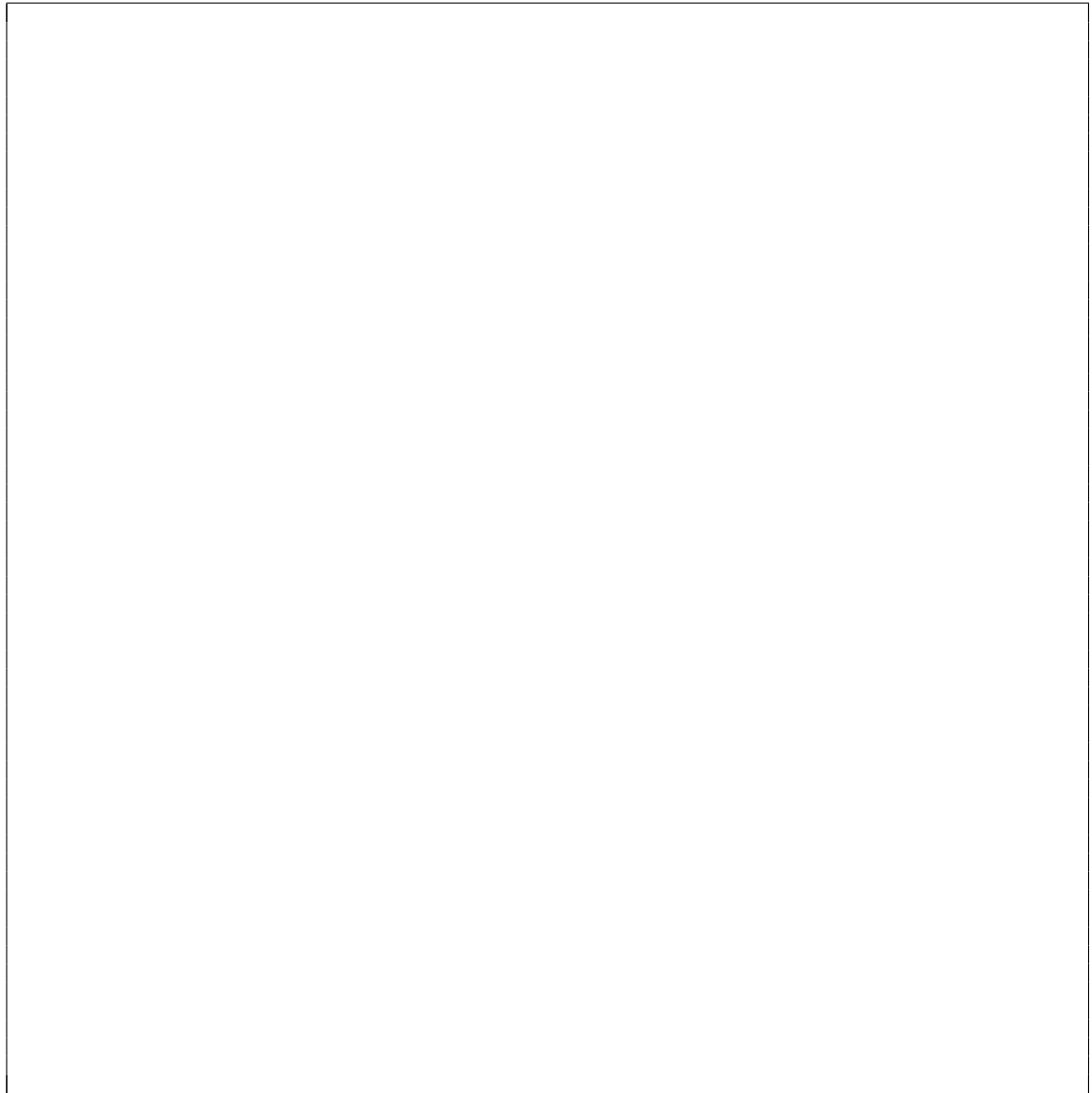


Abbildung 3: Mealy-Automat





**Aufgabe 4:** (Mikroprogrammierung)

(20 Punkte)

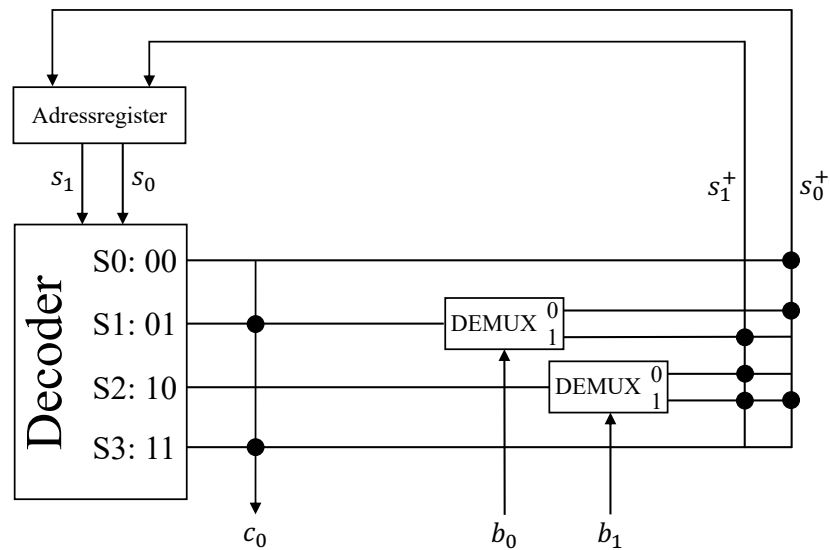


Abbildung 4: Mikroprogrammierte Steuerung nach Wilkes.

- (a) Abbildung 4 zeigt eine mikroprogrammierte Steuerung nach Wilkes. Zeichnen Sie den dazugehörigen Moore-Automatengraphen. (6 Punkte)

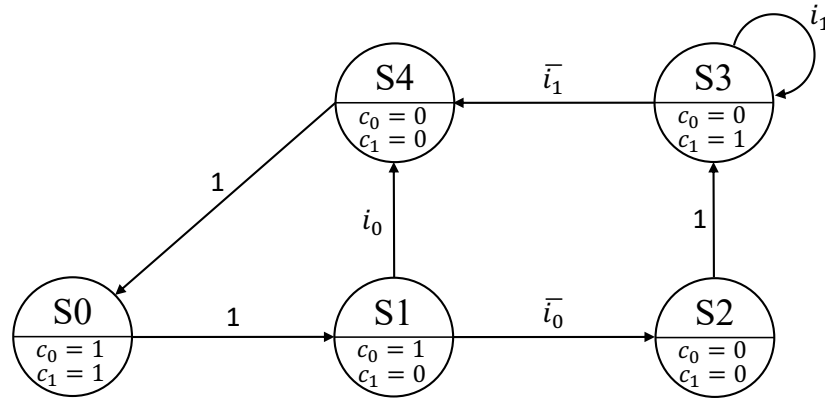


Abbildung 5: Automatengraph zu Aufgabe 4 b).

(b) Der Automat aus Abbildung 5 soll als Mikroprogramm mit Zähler implementiert werden.

i. Wie lauten die verschiedenen Sprungbedingungen? (2 Punkte)

ii. Geben sie für jeden Bestandteil des  $\mu$ -Befehlsformats an, wie viele Bits zur Kodierung notwendig sind. (3 Punkte)

iii. Geben Sie eine geeignete Kodierung der Zustände an. (1 Punkt)



- iv. Vervollständigen Sie die Abbildung 6, sodass der Automat aus Abbildung 5 implementiert wird. Gehen Sie dazu wie folgt vor:
- $\alpha$ ) Beschriften Sie die drei Hauptkomponenten eines Mikroprogramms mit Zähler. Nutzen Sie hierzu die grauen Felder. (1½ Punkte)
  - $\beta$ ) Zeichnen Sie die Steuersignale und die entsprechende Auswahl der Sprungbedingungen ein. (1½ Punkte)
  - $\gamma$ ) Geben Sie den Inhalt des Mikroprogramms an, indem Sie die Tabelle ausfüllen. (5 Punkte)

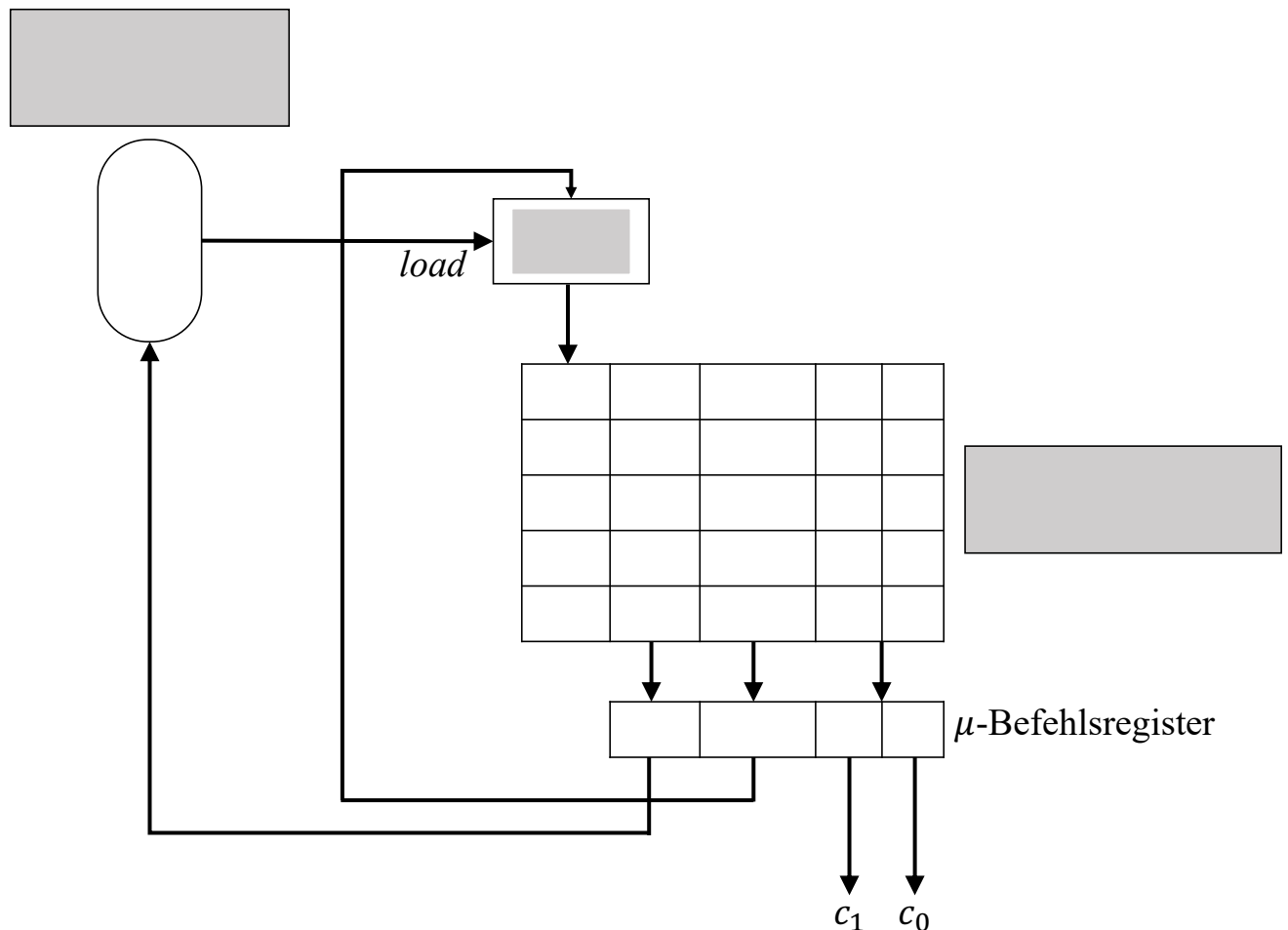
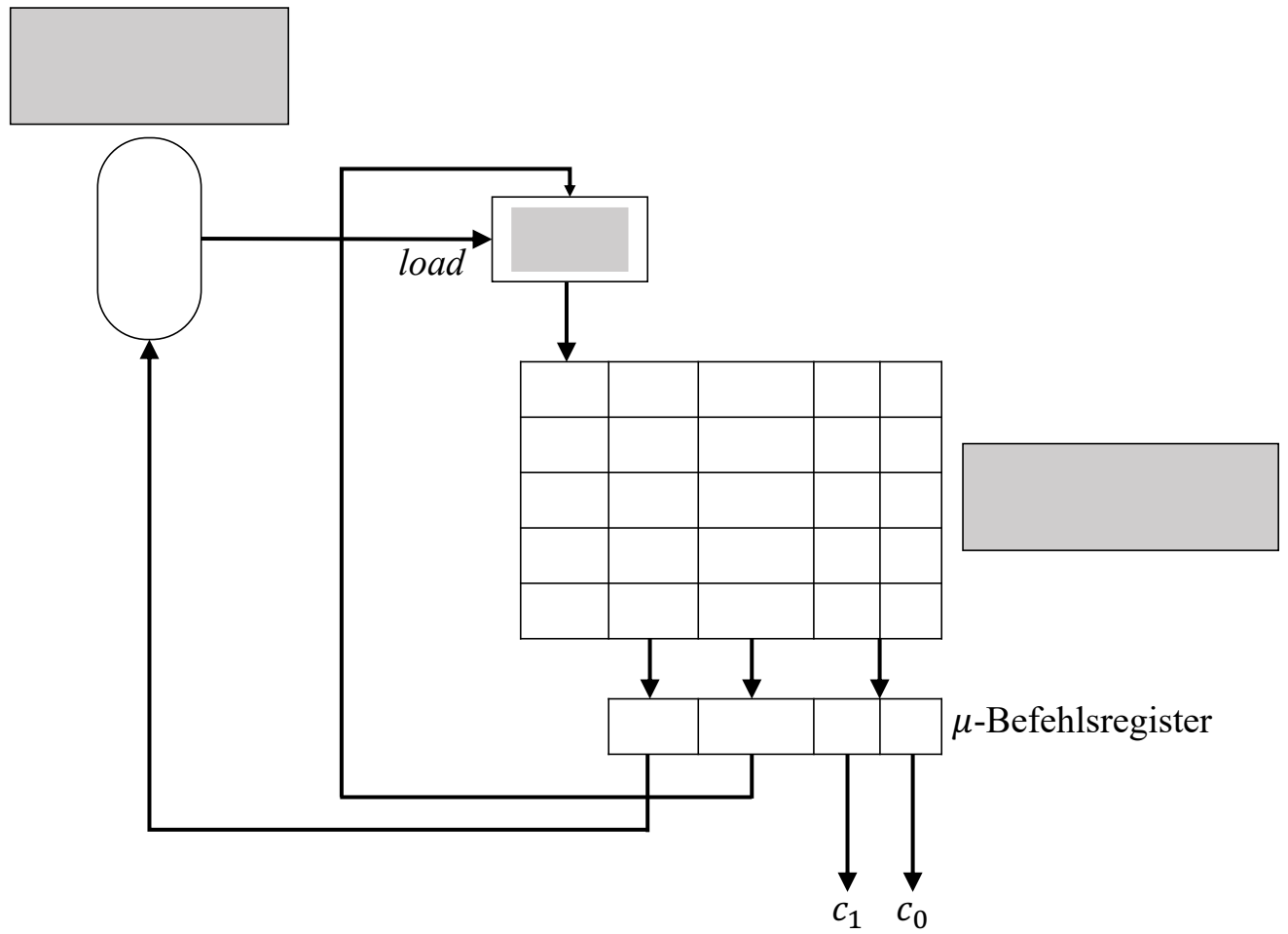


Abbildung 6: Vorlage eines Mikroprogramms für Aufgabe 4 b)



Ersatz, ungültige Lösung streichen!

**Aufgabe 5:** (VHDL)

(20 Punkte)

Abbildung 7 zeigt eine einfache Schaltung bestehend aus einem positiv taktflankengesteuerten D-Flip-Flop mit asynchronem Reset (d.h. das Reset wird sofort am Ausgang sichtbar) und einem UND-Gatter.

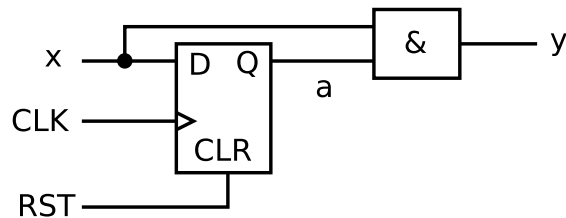


Abbildung 7: D-Flip-Flop mit UND Gatter

- (a) Vervollständigen Sie die nachfolgenden Signalverläufe des Flip-Flop-Ausgangs a und des Ausgangssignals y der Schaltung aus Abbildung 7 (ohne Berücksichtigung von Verzögerungszeiten). (7 Punkte)

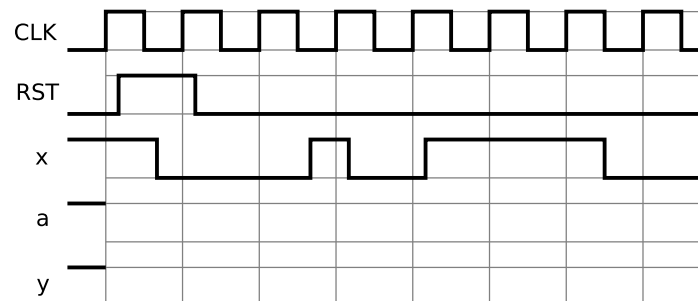
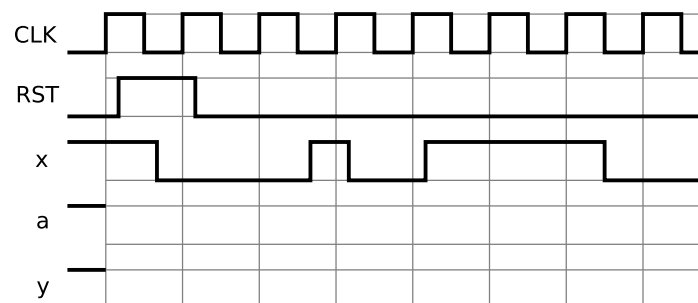


Abbildung 8: Waveform für die Schaltung aus Abbildung 7



**Ersatz, ungültige Lösung streichen!**

Im Miniaturwunderland in Hamburg wird die Kirmes erneuert. Dazu soll das alte Leuchtmuster der LED-Lampen am Karussell spektakulärer leuchten.

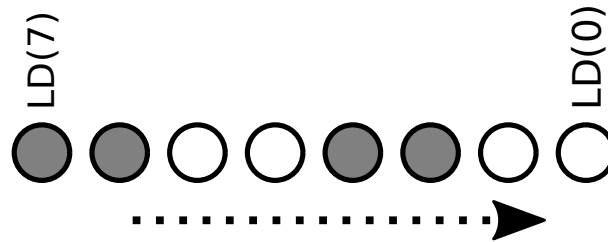


Abbildung 9: Leuchtmuster direkt nach einem Reset

Ein FPGA wird benutzt, um die Ansteuerung zu implementieren. Listing a zeigt den alten VHDL-Quelltext für die acht nebeneinander liegenden LEDs. Die Abbildung 9 zeigt das zugehörige Leuchtmuster der LEDs LD(7) bis LD(0) nach einem Reset. Dabei bedeutet ein ausgefüllter Kreis, dass die LED leuchtet, ein leerer Kreis steht für eine ausgeschaltete LED. Im Quelltext bedeutet eine binäre 1, dass die LED leuchtet und eine 0, dass die LED aus ist.

Listing a: Alte VHDL Lauflicht Implementierung

```

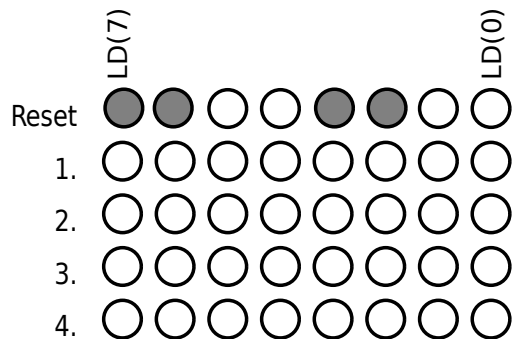
library IEEE ;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity Lauflicht_Alt is
  port ( CLK : in std_logic;
        RST : in std_logic;
        LD : out std_logic_vector(7 downto 0)
        );
end Lauflicht_Alt;

architecture Behavioral of Lauflicht_Alt is
  signal divider : integer range 0 to 25000000;
  signal leds : std_logic_vector (7 downto 0);
begin
  LD <= leds;
  LedPatternProc: process (CLK, RST) is
  begin
    if RST = '1' then
      divider <= 25000000;
      leds <= "11001100";
    elsif rising_edge(CLK) then
      if divider = 0 then
        divider <= 25000000;
        leds <= leds(0) & leds(7 downto 1);
      else
        divider <= divider - 1;
      end if;
    end if;
  end process;
end Behavioral;
  
```

- (b) Zeichnen Sie in die Abbildung 10 die zeitliche Abfolge des alten Leuchtmusters ein. Ein ausgemalter oder markierter Kreis bedeutet, dass die LED leuchtet.

(4 Punkte)



(a) Schritte 1 - 4

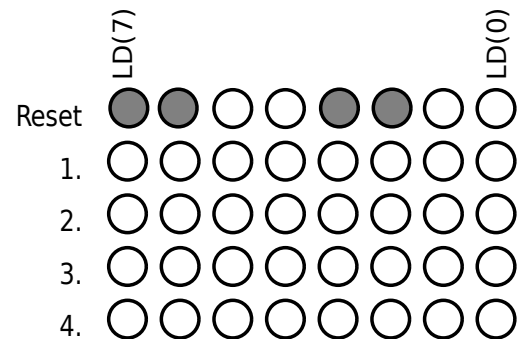
(b) **Ersatz, ungültige Lösung streichen!**

Abbildung 10: Markieren Sie für jeden Schritt die leuchtenden LEDs.

- (c) Der Takt am Eingang CLK hat eine Frequenz von 100 MHz. Wie viel Zeit (in Sekunden) vergeht zwischen dem Umschalten der Leuchtmuster in Listing a?

(1 Punkt)

Abbildung 11 zeigt die zeitliche Abfolge des neue Leuchtmusters mit 12 LEDs.

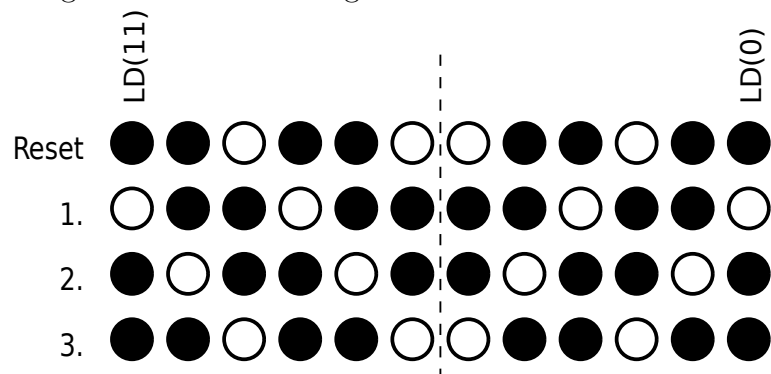


Abbildung 11: Das neu zu implementierende Leuchtmuster

- (d) Implementieren sie das neue Leuchtmuster von Abbildung 11 mit 12 LEDs. (8 Punkte)

Listing d: Neue VHDL Implementierung

```
library IEEE ;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
entity Lauflicht_Neu is
  port(
    CLK : in std_logic;
    RST : in std_logic;

    _____

  );
end Lauflicht_Neu;
architecture Behavioral of Lauflicht_Neu is

  signal divider : integer range 0 to 50000000;

  _____

begin

  _____

  LedPatternProc: process( _____ ) is
  begin
    if RST = '1' then
      divider <= 50000000;

      leds <= _____

    elsif _____ then

      if _____

      _____

      _____

      _____

      _____

      end if;
    end if;
  end process;
end architecture Behavioral;
```

## Listing d: Ersatz, ungültige Lösung streichen!

```
library IEEE ;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
entity Lauflicht_Neu is
  port(
    CLK : in std_logic;
    RST : in std_logic;
```

```
  );
end Lauflicht_Neu;
architecture Behavioral of Lauflicht_Neu is

  signal divider : integer range 0 to 50000000;
```

```
begin
```

```
  LedPatternProc: process( _____ ) is
  begin
```

```
    if RST = '1' then
      divider <= 50000000;
```

```
      leds <= _____
```

```
    elsif _____ then
```

```
      if _____
```

```
      _____
```

```
      _____
```

```
      _____
```

```
      _____
```

```
      _____
```

```
    end if;
```

```
  end if;
```

```
end process;
```

```
end architecture Behavioral;
```

**Konzeptpapier:** Falls der Platz auf den Aufgabenblättern nicht ausreicht, können Sie diese Seiten für Zwischenrechnungen verwenden. Bitte markieren Sie Lösungen und Lösungswege eindeutig mit der Aufgabennummer!



Name:

Matrikelnummer:

---

**Konzeptpapier:** Falls der Platz auf den Aufgabenblättern nicht ausreicht, können Sie diese Seiten für Zwischenrechnungen verwenden. Bitte markieren Sie Lösungen und Lösungswege eindeutig mit der Aufgabennummer!

**Konzeptpapier:** Falls der Platz auf den Aufgabenblättern nicht ausreicht, können Sie diese Seiten für Zwischenrechnungen verwenden. Bitte markieren Sie Lösungen und Lösungswege eindeutig mit der Aufgabennummer!