

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

**Klausur**  
**Digitaltechnik /**  
**Grundlagen Technische Informatik**

1. August 2013

Punkteverteilung							
Aufgabe	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
maximale Punkte	13	15	20	12	12	18	90
erreichte Punkte							

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

Aufkleber

Name:	
Matrikelnummer:	
Studienrichtung:	

**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!

**Aufgabe 1:** (Zahlen und Codes)

13 Punkte

a) Gegeben sei die Binärzahl 11001. Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an:

(3 Punkte)

- ☐  $11001_2 = 35_7$ .
- ☐ Im Hexadezimalsystem entspricht die Binärzahl der Zahl  $19_{16}$ .
- ☐ Interpretiert als 5-bit Einerkomplementzahl entspricht die Zahl im Dezimalsystem dem Wert  $-6$ .
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

b) Gegeben sei die Zahl 1100 in 4-bit Zweierkomplementdarstellung. Die Darstellung der Zahl soll auf eine 8-bit Zweierkomplementdarstellung erweitert werden. Wie sieht die korrekte Darstellung der Zahl aus? Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an:

(1 Punkt)

- ☐ 1111 1100
- ☐ 0001 1100
- ☐ 1110 0110
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

c) Gegeben sei die Zahl 1111 in 4-bit Zweierkomplementdarstellung. Geben Sie die Zahl in 4-bit Vorzeichen/Betrag-Darstellung an.

(1 Punkt)

---

- d) Gegeben seien die 4-bit Zweierkomplementzahlen  $x=1101$  und  $y=0011$ . Die Addition liefert  $x+y=10000$ . Wie ist dieses Ergebnis zu interpretieren? Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an:

(1 Punkt)

- ☐  $x+y$  hat den Wert 16.
- ☐  $x+y$  hat den Wert 0.
- ☐ Ungültiges Ergebnis wegen Overflow.
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- e) Bei Umrechnung des Dezimalbruchs 0,2 in einen Binärbruch ergibt sich welche Darstellung? Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an:

(2 Punkte)

- ☐ 0,11
- ☐ 0,0011
- ☐ 0,000111
- ☐  $0,\overline{0011}$
- ☐ Keine Lösung ist richtig.

- f) Gegeben sei die Dezimalzahl 0,875. Wie sieht die Zahldarstellung im IEEE Gleitkommaformat aus?

(2 Punkte)

Vorzeichen (1 bit):

---

Mantisse (23 bit):

---

Exponent (8 bit, Exzessdarstellung mit Verschiebungskonstante 127):

---

- g) Gegeben sei der Hamming-Code aus der Vorlesung. Die Codeworte haben die Form  $(x_1, x_2, x_3, x_4, p_1, p_2, p_3)$ , und für die Prüfbits gelte  $p_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_3$ ,  $p_2 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4$ ,  $p_3 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_4$ . Zu welchem Codewort wird die Information  $(x_1, x_2, x_3, x_4) = (1, 0, 1, 1)$  ergänzt? Kreuzen Sie alle richtigen Antworten an:

(1 Punkt)

- ☐ (1, 0, 1, 1, 1, 1, 1)
- ☐ (1, 0, 1, 1, 0, 1, 1)
- ☐ (1, 0, 1, 1, 0, 1, 0)
- ☐ Keine Antwort ist richtig.

- h) Gegeben sei wieder der Hamming-Code aus der Vorlesung. Bei einer Datenübertragung erhält der Empfänger das Wort  $(0, 1, 0, 1, 1, 0, 1)$ . Kreuzen Sie alle richtigen Aussagen an:

(2 Punkte)

- ☐ Bei einem Fehler im Prüfbit ist keine Korrektur möglich.
- ☐ Das Syndrom ist  $(0, 1, 1)$ .
- ☐ Das richtige Codewort ist  $(0, 1, 0, 1, 1, 0, 0)$ .
- ☐ Das Wort  $(0, 1, 0, 1, 1, 0, 1)$  ist ein Codewort, die Übertragung war fehlerfrei.
- ☐ Keine Antwort ist richtig.

**Aufgabe 2:** (VHDL)

15 Punkte

Gegeben sei die unten angeführte VHDL-Beschreibung eines linear rückgekoppelten Schieberegisters (**L**inear **F**eedback **S**hift **R**egister, kurz LFSR).

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;

entity LFSR is
    port (
        value : out std_logic_vector(2 downto 0);
        clk    : in  std_logic;
        rst    : in  std_logic
    );
end LFSR;

architecture Behavioral of LFSR is
    signal lfsr : std_logic_vector(2 downto 0);
begin

    value <= lfsr;

    process (clk, rst) begin
        if rst = '1' then
            lfsr <= "001";
        elsif clk'event and clk = '1' then
            lfsr <= (lfsr(0) xor lfsr(2)) & lfsr(2) & lfsr(1);
        end if;
    end process;

end Behavioral;
```

- a) Erstellen Sie das Schaltbild des LFSRs unter Verwendung der aus der Vorlesung bekannten Bausteine (Flip-Flops, Gatter, ...) und Notationen. Leitungen für das Taktsignal müssen nicht eingezeichnet werden.

*Hinweis:* Jedes verwendete Flip-Flop sollte entweder einen Set- oder einen Reset-Eingang nutzen.

(7 Punkte)

- b) Durch setzen des **rst**-Signals auf '1' wird das LFSR in einen definierten Ausgangszustand versetzt. Sobald **rst** anschließend auf '0' gesetzt wird durchläuft das Ausgangssignal **value** periodisch eine Reihe von Zuständen. Geben Sie diese Zustände in der Reihenfolge in der sie durchlaufen werden an. Bitte verwenden Sie dazu die unten angegebene Tabelle.

(5 Punkte)

Iteration	lfsr(2)	lfsr(1)	lfsr(0)
0	0	0	1
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Tabelle 1: Zustände des LFSRs

Iteration	lfsr(2)	lfsr(1)	lfsr(0)
0	0	0	1
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Tabelle 2: Ersatztabelle, **ungültige  
Lösung streichen!**



c) Was bewirkt die Zuweisung

```
value <= lfsr;
```

in der VHDL-Beschreibung?

(1 Punkt)

d) Warum arbeitet der Prozess mit dem Signal `lfsr` und nicht direkt mit dem Signal `value`?

(2 Punkte)

**Aufgabe 3:** (Logikoptimierung)

20 Punkte

Die Logik für die Ausgabefunktion  $\lambda : S \times I \rightarrow O$  eines festverdrahteten Schaltwerkes soll minimiert werden. Gegeben sei folgende Automatentabelle.

$S_0$	$S_1$	$S_2$	$I$	$S_0^*$	$S_1^*$	$S_2^*$	$O_0$	$O_1$
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1

- a) Bestimmen Sie die Einstellenmengen  $\mathcal{E}_0$  und  $\mathcal{E}_1$  der Ausgabefunktionen  $O_0$  und  $O_1$  und geben Sie die Produktterme als Codewörter  $S_0S_1S_2I$  aus  $\{0,1\}$  an.

(2 Punkte)

$\mathcal{E}_0 = \{$  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ $\}$

$\mathcal{E}_1 = \{$  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ $\}$

- b) Ermitteln Sie mit Hilfe des Quine-McCluskey Verfahrens die Menge  $\mathcal{P}$  der Primimplikanten der Ausgabefunktion  $O_0$  und geben Sie diese als Codewörter  $S_0S_1S_2I$  aus  $\{0,1,-\}$  an.

(5 Punkte)

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

- c) Finden Sie die Menge  $\mathcal{P}$  der Primimplikanten der Ausgabefunktion  $O_1$  mit Hilfe des KV- Diagramms aus Abbildung 1. Benennen Sie alle essentiellen Primimplikanten  $\mathcal{P}_e$  und geben Sie die die Lösungen als Codewörter  $S_0S_1S_2I$  aus  $\{0,1,-\}$  an.

Bestimmen Sie hieraus die minimale SOP- Form als Funktion  $O_1(S_0,S_1,S_2,I)$ . Geben Sie alle möglichen Lösungen an.

(7 Punkte)

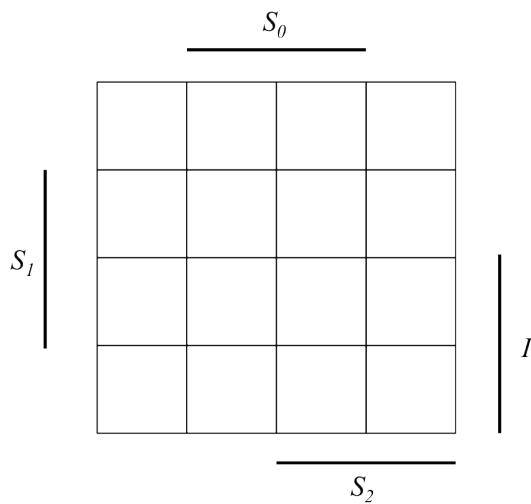


Abbildung 1: KV- Diagramm

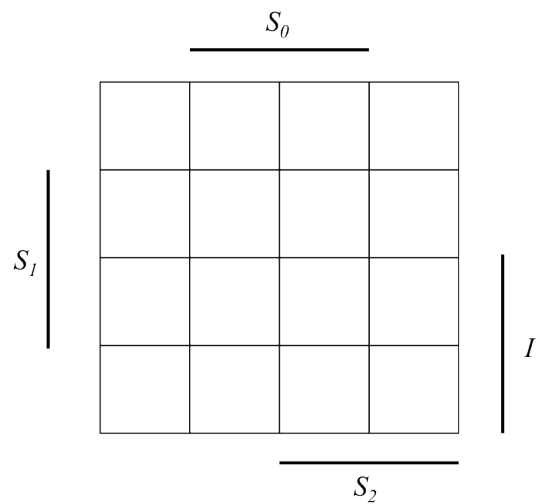


Abbildung 2: Ersatz KV- Diagramm,  
**ungültige Lösung streichen!**

$\mathcal{P} = \{ \rule{15cm}{0.4pt} \}$

$\mathcal{P}_e = \{ \rule{15cm}{0.4pt} \}$

Die minimalen SOP-Formen lauten

$O_1(S_0,S_1,S_2,I) = \rule{15cm}{0.4pt}$  und

$O_1(S_0,S_1,S_2,I) = \rule{15cm}{0.4pt}$

- d) Das Steuerwerk soll nun um einen zusätzlichen Ausgang  $O_2$  erweitert werden. Die Einstellenmenge  $\mathcal{E}_2$  und die Menge der Primimplikanten  $\mathcal{P}_2$  seien nun so gegeben, dass sich eine Überdeckungstabelle wie in Tabelle 3 aufstellen lässt.

Berechnen Sie alle minimalen Summen von Primimplikanten durch Anwendung des Quine-McCluskey Verfahrens (Phase II) und geben Sie diese an. Füllen Sie nach jedem Zwischenschritt eine neue Überdeckungstabelle aus und begründen Sie Ihre Entscheidung kurz.

(6 Punkte)

	a	b	c	d	e	f	g	h
$P_0$			X	X				
$P_1$	X	X						
$P_2$	X	X	X		X			
$P_3$				X	X			
$P_4$						X	X	
$P_5$						X		X

Tabelle 3: Überdeckungstabelle

Begründung: \_\_\_\_\_

	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								

Tabelle 4: Überdeckungstabelle

Begründung: \_\_\_\_\_

	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								

Tabelle 5: Überdeckungstabelle

Begründung: \_\_\_\_\_

	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								

Tabelle 6: Überdeckungstabelle

Begründung: \_\_\_\_\_

Die Lösungen lauten {\_\_\_\_\_} und {\_\_\_\_\_}.

	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								

Tabelle 7: Ersatz Überdeckungstabelle, **ungültige Lösung streichen!**

Begründung: \_\_\_\_\_

	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								
_____								

Tabelle 8: Ersatz Überdeckungstabelle, **ungültige Lösung streichen!**

Begründung: \_\_\_\_\_



**Aufgabe 4:** (Division)

12 Punkte

Abbildung 3 zeigt den Aufbau eines sequentiellen Dividierers für ganzzahlige positive Zahlen. Für die Division werden die Operandenregister **A** und **B** mit dem Dividenden und dem Divisor geladen. Nach Abarbeitung der Division steht der Quotient in **A** und der Rest der Division in **P**.

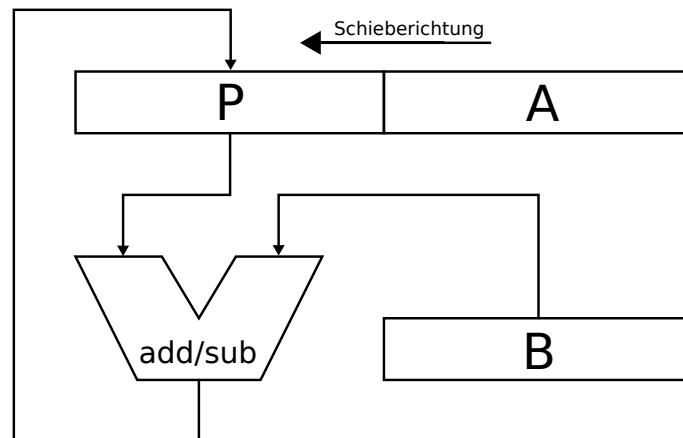


Abbildung 3: Schaltbild eines sequentiellen Dividierers

Führen Sie die schriftliche Division ohne Rückspeichern mit den Zahlen  $29_{10} = 11101_2$  und  $7_{10} = 00111_2$  durch. Benutzen Sie dafür das Schema in Abbildung 4. Geben Sie in der ersten Spalte die Operation (shift, add, sub) an, die Sie benutzt haben um auf das jeweilige Zwischenergebnis zu kommen.

(12 Punkte)

<b>B</b>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<b>B<sub>compl.</sub></b>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
----------	--	---------------------------	--

	<b>P</b>		<b>A</b>	
<b>load</b>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>
	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 20px;"></div>

B 

--	--	--	--	--

      B<sub>compl.</sub>

--	--	--	--	--

[illegible]

A/B 

--	--	--	--	--

 REST 

--	--	--	--	--

Abbildung 5: Ersatz Divisionsschema, **ungültige Lösung streichen!**

**Aufgabe 5:** (Mikroprogrammierung)

12 Punkte

Der in Abbildung 6 spezifizierte Automat soll durch eine speicherprogrammierte Steuerung realisiert werden. Der Startzustand des Automaten ist mit S0 bezeichnet.

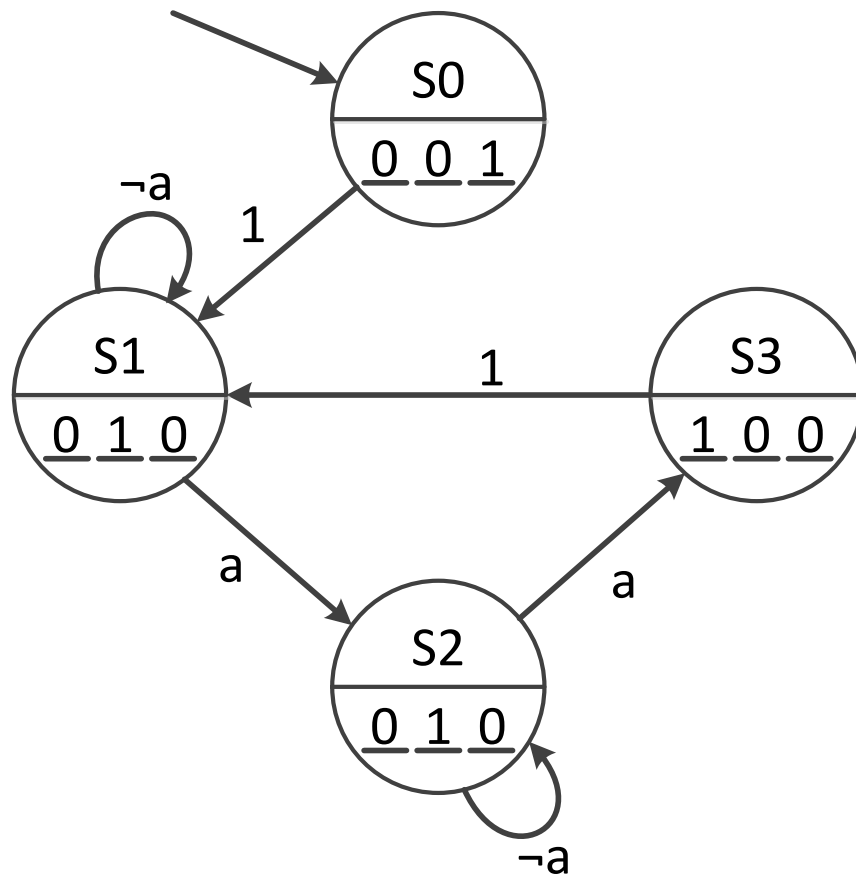


Abbildung 6: Zustandsübergangsdiagramm des Automaten

- a) Tragen Sie die Bus- und Speicherbreiten für die Mikroprogrammsteuerung in Abbildung 7 ein.

**Hinweis:** Eine '1' am Eingang load lädt die jeweilige Sprungadresse in den 4-bit Zähler.

(2 Punkte)

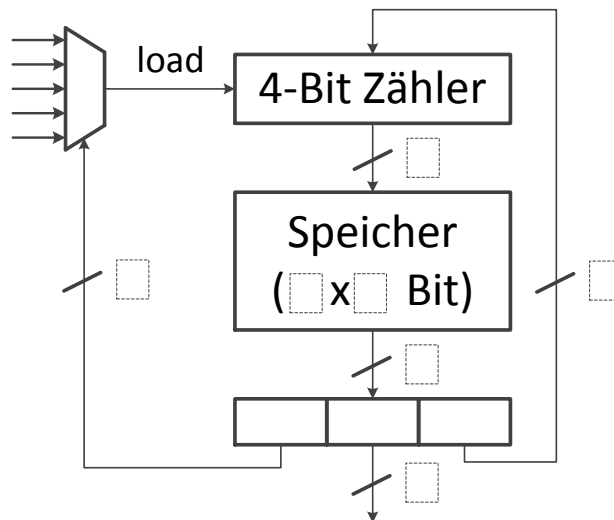


Abbildung 7: Schematische Darstellung einer Mikroprogrammsteuerung

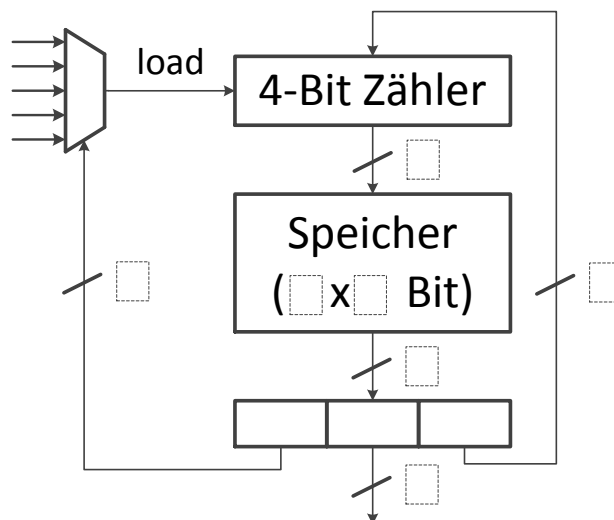


Abbildung 8: Ersatzdarstellung Mikroprogrammsteuerung, **ungültige Lösung streichen!**

- b) Bestimmen Sie die **notwendigen** Eingangsleitungen für das Steuerwerk und notieren Sie das Steuersignal des Multiplexers, um eine Eingabe an den Zähler weiterzureichen (Ersatztable auf Seite 23).

(2 Punkte)

Eingang	Multiplexer Steuersignal

Tabelle 9: Belegung des Multiplexers

- c) Füllen Sie nun die Belegung des Speichers für das Steuerwerk aus. Überlegen Sie sich dazu eine passende Codierung der Zustände (Ersatztable auf Seite 23).

(8 Punkte)

Speicheradresse	Bedingungs Auswahl	Steuersignale	Sprungsadresse
0000			
0001			
0010			
0011			
0100			
0101			
0110			
0111			
1000			

Tabelle 10: Speicherbelegung

Eingang	Multiplexer Steuersignal

Tabelle 11: Ersatztabelle Belegung des Multiplexers, **ungültige Lösung streichen!**

Speicheradresse	Bedingungs Auswahl	Steuersignale	Sprungsadresse
0000			
0001			
0010			
0011			
0100			
0101			
0110			
0111			
1000			

Tabelle 12: Ersatztabelle Speicherbelegung, **ungültige Lösung streichen!**

**Aufgabe 6:** (RTL Entwurf)

18 Punkte

Es soll ein serieller Addierer entworfen werden, der durch das Blockdiagramm in Abbildung 9 spezifiziert ist.

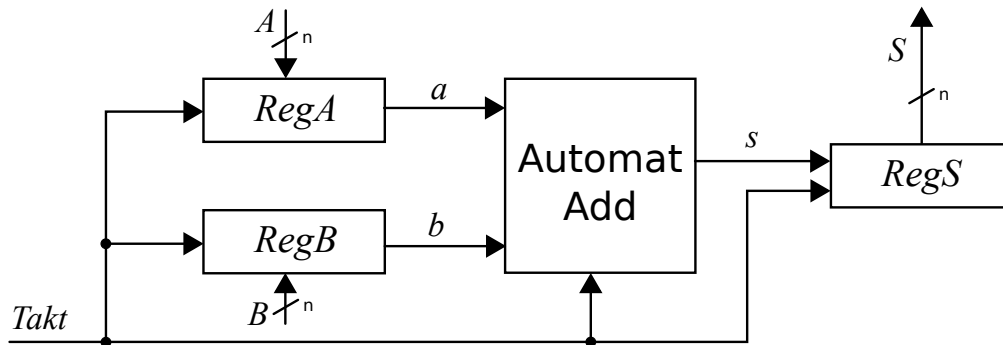


Abbildung 9: Blockdiagramm

Nehmen Sie an, dass  $A$  und  $B$  zwei vorzeichenlose Binärzahlen sind ( $A = a_{n-1}a_{n-2}\dots a_0$ ,  $B = b_{n-1}b_{n-2}\dots b_0$ ). Bevor die Zahlen addiert werden, werden sie parallel in die Schieberegister  $RegA$  und  $RegB$  geladen. Dann werden sie vom Automaten  $Add$  seriell bitweise verarbeitet (jedes Bit benötigt einen Taktzyklus). Das Ergebnis wird in ein zusätzliches Schieberegister  $RegS$  geschoben, so dass hier zum Schluß das Ergebnis ( $S = s_{n-1}s_{n-2}\dots s_0$ ) steht. Der Automat  $Add$  soll als Mealy-Automat realisiert werden. Abbildung 11 zeigt dessen Zustandsübergangsdiagramm.

a) Füllen Sie die Lücken des Zustandsübergangsdiagramms aus.

(8 Punkte)

*Hinweis:* Abhängig vom carry der vorherigen Bitposition werden zwei Zustände benötigt: ein Zustand für  $carry_{in} = 0$  und einen für  $carry_{in} = 1$

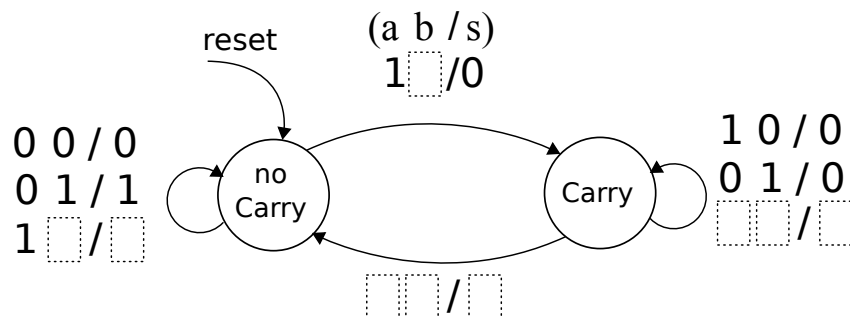
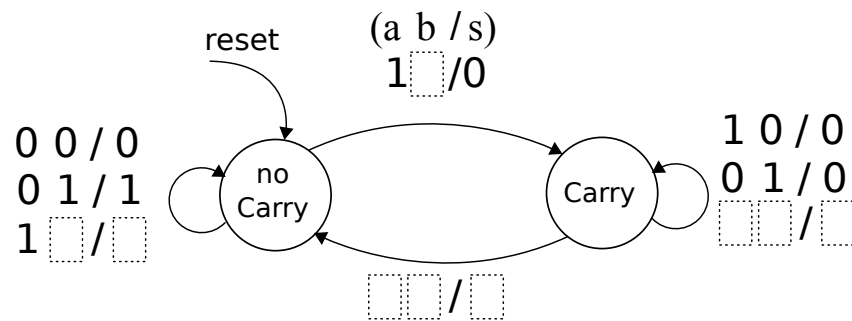


Abbildung 10: Zustandsübergangsdiagramm



Abbildung 11: Ersatz Zustandsübergangsdiagramm, **ungültige Lösung streichen!**

Gegeben ist nachfolgende Schaltung zum Transfer von Daten zwischen den Registern A, B, C und D. Der Datenpfad besitzt die Steuersignale *select*, *loadC* und *loadD*. Werte werden in das Register X übernommen, wenn die Steuerleitung *loadX*, mit  $X \in \{C, D\}$ , den Wert 1 hat. Das Taktsignal ist aufgrund der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

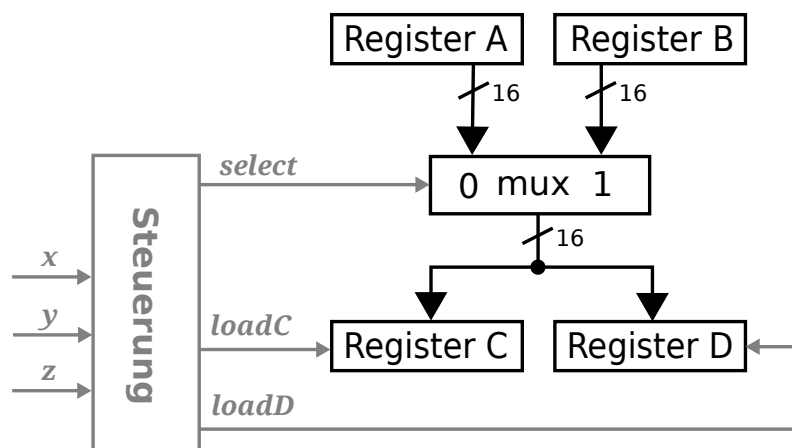


Abbildung 12: Daten- und Steuerpfad

- b) Markieren Sie die gültigen Registertransferoperationen für den obigen Datenpfad in Tabelle 14 mit einem X und geben Sie die Belegung der Steuersignale *select*, *loadC* und *loadD* an, so dass die entsprechende Operation ausgeführt wird.

Hinweis:  $A \rightarrow C$  : Inhalt von A wird in C geschrieben.

(4 Punkte)

	gültig	<i>select</i>	<i>loadC</i>	<i>loadD</i>
$A \rightarrow C$				
$A \rightarrow B$				
$A \rightarrow D; A \rightarrow C$				
$A \rightarrow D; B \rightarrow C$				

Tabelle 13: Belegung der Steuersignale

	gültig	<i>select</i>	<i>loadC</i>	<i>loadD</i>
$A \rightarrow C$				
$A \rightarrow B$				
$A \rightarrow D; A \rightarrow C$				
$A \rightarrow D; B \rightarrow C$				

Tabelle 14: Ersatz Belegung der Steuersignale, **ungültige Lösung streichen!**

- c) Entwerfen Sie die Steuerung (rein kombinatorisch) für den Datenpfad in Abbildung 12, so dass abhängig von den Steuerungseingängen  $x$ ,  $y$  und  $z$  folgende Registertransferoperationen mit den Ausgängen *select*, *loadC* und *loadD* ausgeführt werden:

$x = 1$  und  $y = 1$  und  $z = 0$ : Operation  $A \rightarrow D$

$x = 0$  und  $y = 0$  und  $z = 1$ : Operation  $B \rightarrow C$

$x = 0$  und  $y = 1$  und  $z = 0$ : Operation  $B \rightarrow D$

$x = 0$  und  $y = 1$  und  $z = 1$ : Operation  $B \rightarrow C$  und  $B \rightarrow D$

Bei allen anderen Eingangsbelegungen soll kein Registerinhalt verändert werden!

Folgende Gatter stehen Ihnen zur Verfügung: **AND, OR, XOR, INVERTER**

(6 Punkte)

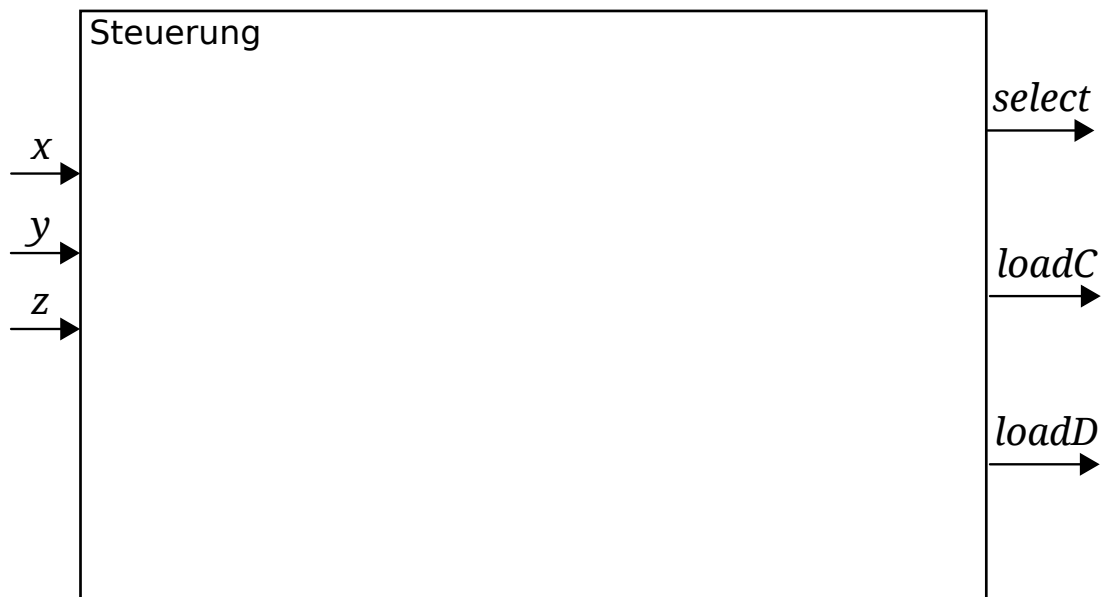
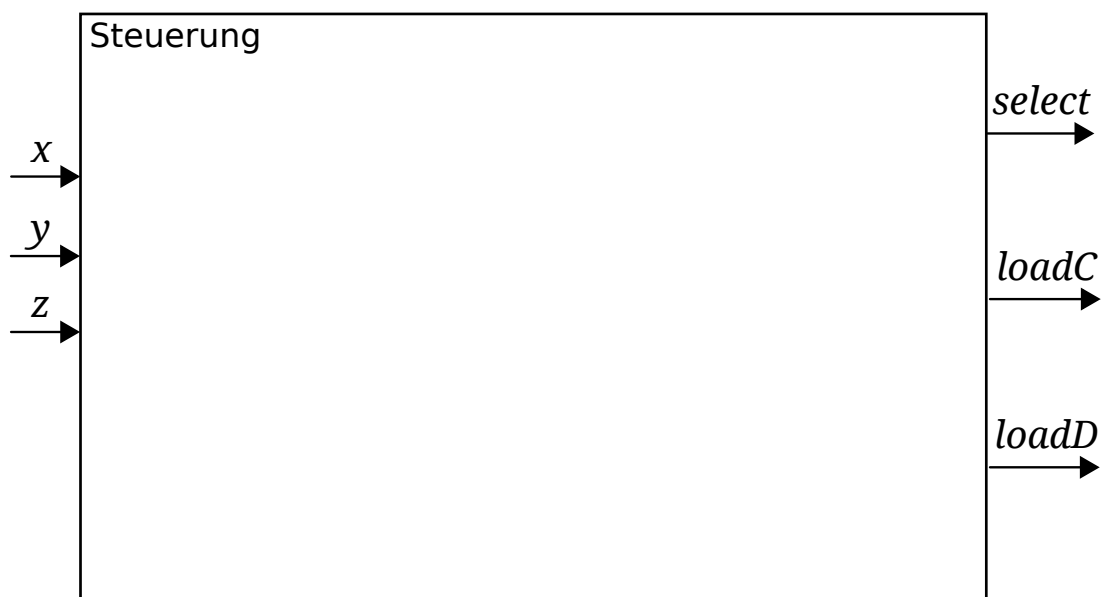


Abbildung 13: Steuerung

Abbildung 14: Ersatz Steuerung, **ungültige Lösung streichen!**





