

Universität Koblenz–Landau
Institut Naturwissenschaften
Abteilung Physik

Name: **Musterlösung**
Vorname:
Matr. Nr.:
Studiengang:

WS 2009/10

Klausur
zur
“Digitaltechnik”

Donnerstag, 4.3.2010

Lösen Sie die Aufgaben 1 - 6!
Verwenden Sie keinen Bleistift!
Es sind keine weiteren Hilfsmittel zugelassen.
Schalten Sie Ihr Handy aus!

GUTEN ERFOLG !!!

Aufgabe	1	2	3	4	5	6
max. Punkte	9	11	10	11	10	9
err. Punkte						

Punkte:

Note

Aufgabe 1: Schaltalgebra

a) Minimieren Sie mit den Regeln der Schaltalgebra folgende Funktion:

$$\overline{A} \overline{C} \vee A \overline{B} \vee B$$

$$\begin{aligned} \overline{A} \overline{C} \vee A \overline{B} \vee B &= \\ \overline{A} \overline{C} \vee [(A \vee B) \wedge (B \vee \overline{B})] &= \\ \overline{A} \overline{C} \vee (A \vee B) &= \\ \overline{A} \overline{C} \vee A \vee B &= \\ (A \vee \overline{A}) \wedge (A \vee \overline{C}) \vee B &= A \vee \overline{C} \vee B \end{aligned}$$

() / 3

b) Zeigen Sie mit den Regeln der Schaltalgebra, dass folgende Gleichung gilt

$$(\overline{A} \vee B) \equiv (A \wedge D) = A \wedge (B \equiv D)$$

$$\begin{aligned} (\overline{A} \vee B) \equiv (A \wedge D) &= [(\overline{A} \vee B) \wedge (A \wedge D)] \vee [(\overline{A} \vee B) \wedge \overline{(A \wedge D)}] \\ &= (\overline{A} \vee B) \wedge (A \wedge D) \vee [(A \wedge \overline{B})(\overline{A} \vee \overline{D})] \\ &= A \overline{A} D \vee A B D \vee A \overline{A} \overline{B} \vee A \overline{B} \overline{D} \\ &= A B D \vee A \overline{B} \overline{D} \\ &= A \wedge (B \equiv D) \end{aligned}$$

() / 3

c) Beweisen Sie das Absorptionsgesetz mit den anderen Regeln der Schaltalgebra.
(Triviale Lösungen durch Konstantenersetzung sind nicht zugelassen)

$$A \wedge (A \vee B) = A$$

$$A \vee (A \wedge B) = A$$

$$\begin{aligned} A \wedge (A \vee B) &= A A \vee A B \\ &= A \vee (A \wedge B) \quad s.o. \\ &= (A \wedge 1) \vee (A \wedge B) \\ &= (A \wedge (B \vee \overline{B})) \vee (A \wedge B) \\ &= (A \wedge B) \vee (A \wedge \overline{B}) \vee (A \wedge B) \\ &= (A \wedge B) \vee (A \wedge \overline{B}) \\ &= (A \wedge (B \vee \overline{B})) \\ &= A \end{aligned}$$

() / 3

Aufgabe 2: Synthese Schaltnetz

Entwickeln Sie ein Schaltnetz zur 'Modulo 3' Berechnung. Der Eingangvektor des Schaltnetzes sei 4 Bit breit und ist als Dualzahl zu interpretieren. Am Ausgang soll das Ergebnis einer Modulo 3 Operation (Rest einer ganzzahligen Division durch 3) stehen.

a) Erstellen Sie eine vollständige Wahrheitstabelle:

x_3	x_2	x_1	x_0	m_1	m_0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0

() / 8

b) Vereinfachen Sie die Funktionen mit Hilfe von KV-Tafeln:

$m_1:$	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">$x_1 x_0$</td> <td style="padding: 2px 5px;">00</td> <td style="padding: 2px 5px;">01</td> <td style="padding: 2px 5px;">11</td> <td style="padding: 2px 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">$x_3 x_2$</td> <td colspan="4" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">00</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">01</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">11</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">10</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> </tr> </table>	$x_1 x_0$	00	01	11	10	$x_3 x_2$					00	0	0	0	1	01	0	1	0	0	11	0	0	0	1	10	1	0	1	0
$x_1 x_0$	00	01	11	10																											
$x_3 x_2$																															
00	0	0	0	1																											
01	0	1	0	0																											
11	0	0	0	1																											
10	1	0	1	0																											

$m_0:$	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">$x_1 x_0$</td> <td style="padding: 2px 5px;">00</td> <td style="padding: 2px 5px;">01</td> <td style="padding: 2px 5px;">11</td> <td style="padding: 2px 5px;">10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">$x_3 x_2$</td> <td colspan="4" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">00</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">01</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">11</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">10</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">0</td> <td style="padding: 2px 5px;">1</td> </tr> </table>	$x_1 x_0$	00	01	11	10	$x_3 x_2$					00	0	1	0	0	01	1	0	1	0	11	0	1	0	0	10	0	0	0	1
$x_1 x_0$	00	01	11	10																											
$x_3 x_2$																															
00	0	1	0	0																											
01	1	0	1	0																											
11	0	1	0	0																											
10	0	0	0	1																											

() / 1

c) Geben Sie die minimierten Funktionen an. Vereinfachen Sie ggf. mit Hilfe der Äquivalenz / Antivalenz Funktionen:

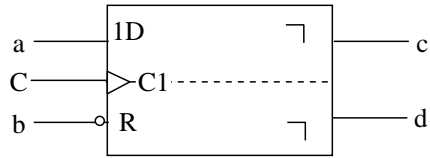
$$\begin{aligned}
 m_1 &= \bar{x}_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 x_0 \vee x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 \vee x_3 \bar{x}_2 x_1 x_0 \vee x_3 x_2 x_1 \bar{x}_0 \vee \\
 &= (x_3 \equiv x_2) x_1 \bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 x_0 \vee x_3 \bar{x}_2 (x_1 \equiv x_0)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_0 &= \bar{x}_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0 \vee \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 x_1 x_0 \vee x_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 \vee x_3 x_2 \bar{x}_1 x_0 \vee \\
 &= (x_3 \equiv x_2) \bar{x}_1 x_0 \vee x_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 (x_1 \equiv x_0)
 \end{aligned}$$

() / 2

Aufgabe 3: Speicherglieder

Gegeben ist das Schaltzeichen eines Speichergliedes



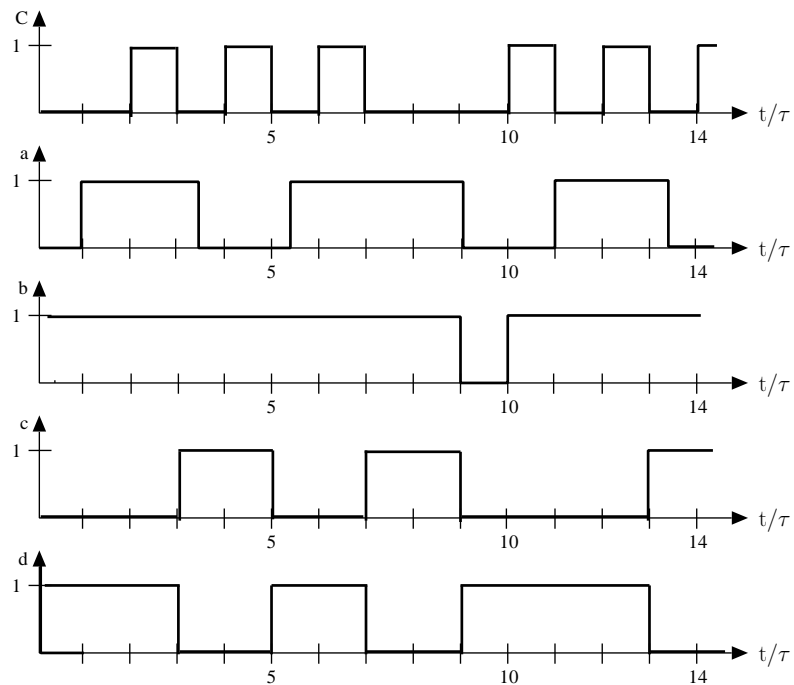
I Beschreibung des Speichergliedes

Nennen Sie vier Kriterien, die die Eigenschaften des Speichergliedes beschreiben.

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. D-FF | 2. Master-Slave |
| 3. (zwei) flankengesteuert | 4. asynchroner Reset |

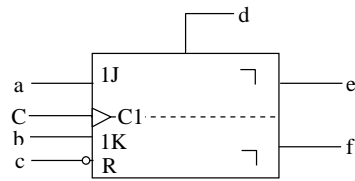
() / 2

II Ergänzen Sie das in der Abbildung vorgegebene Impuldiagramm. Die Anfangszustände sind angegeben.



() / 3

Gegeben ist das Schaltzeichen eines Speichergliedes. (Der Ausgang d des Speichergliedes stellt den virtuellen Ausgang Q des Zwischenspeichers dar.)



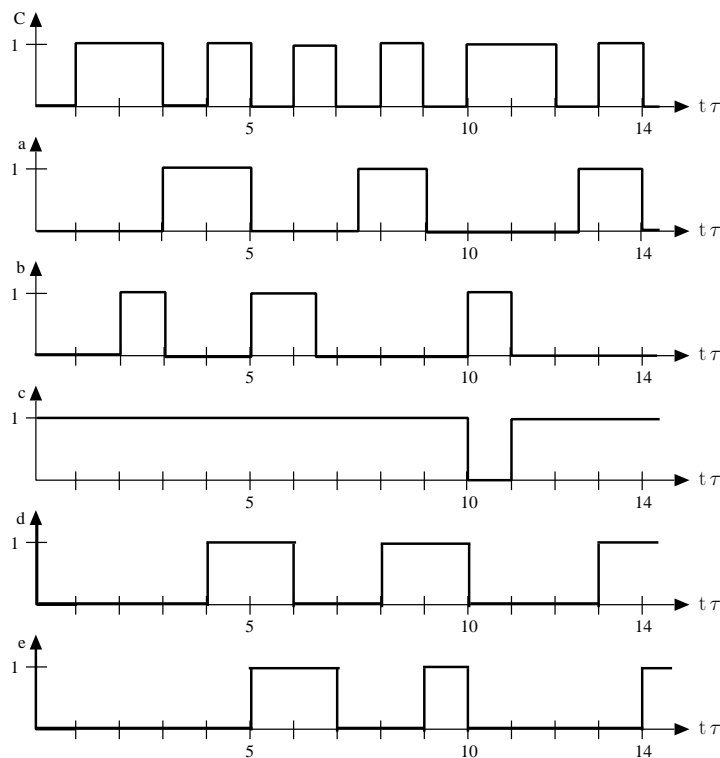
I Beschreibung des Speichergliedes

Nennen Sie vier Kriterien, die die Eigenschaften des Speichergliedes beschreiben.

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. JK-FF | 2. Master-Slave |
| 3. (zwei) flankengesteuert | 4. asynchroner Reset |

() / 2

II Ergänzen sie das in der Abbildung vorgegebene Impulsdiagramm. Die Anfangszustände sind angegeben.



() / 3

Aufgabe 4: JK FlipFlop

In einem gegebenen Schaltwerk ist ein JK-MS FlipFlop defekt. Als Ersatz steht jedoch nur ein D-FlipFlop (ebenfalls MasterSlave) zur Verfügung. Entwickeln Sie ein kleines Schaltnetz, mit dessen Hilfe Sie das defekte JK-FF durch das vorhandene D-FF ersetzen können.

1. Vervollständigen Sie die folgende Wahrheitstabelle:

J	K	Q	D
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

() / 8

2. Vereinfachen Sie die Funktion mit Hilfe der folgenden KV-Tafel:

$K \ Q$	00	01	11	10
J				
0	0	1	0	0
1	1	1	0	1

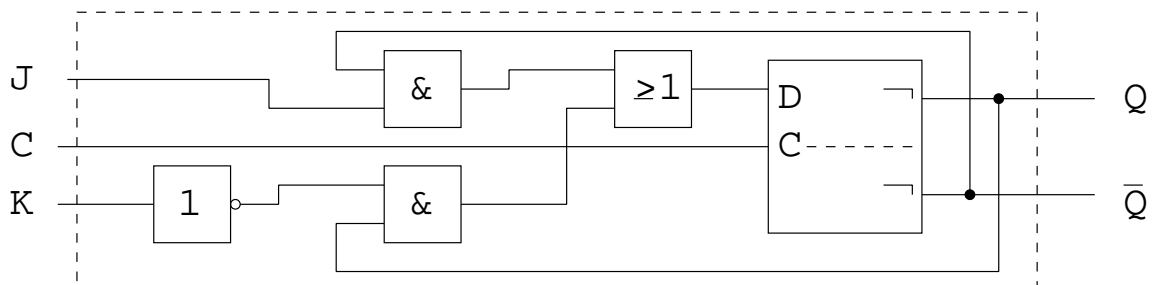
3. Geben Sie die minimierte Funktion an:

() / 1

$$D = J\bar{Q} \vee \bar{K}Q$$

() / 1

4. Fügen Sie Ihr Schaltnetz in die folgende Schaltung ein:



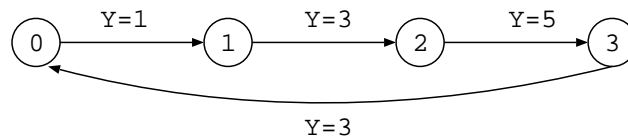
() / 1

Aufgabe 5: Synthese Schaltwerk

Entwerfen Sie einen Zähler mit taktzustandsgesteuerten JK-MS-FlipFlops, der in ein Ausgangsvektor die Folge 1 - 3 - 5 - 3 zählt. Die Zählperiode soll ständig wiederholt werden.

Die Zählzustände sollen im Dualcode (Ausgangsvariable $y_2 = 2^2, y_1 = 2^1, y_0 = 2^0$) ausgegeben werden.

a) Zeichnen Sie einen Zustandsgraphen



() / 2

b) Vervollständigen Sie die folgende Wahrheitstabelle:

Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+	J_1	K_1	J_0	K_0	y_2	y_1	y_0
0	0	0	1	0	x	1	x	0	0	1
0	1	1	0	1	x	x	1	0	1	1
1	0	1	1	x	0	1	x	1	0	1
1	1	0	0	x	1	x	1	0	1	1

() / 4

c) Vereinfachen Sie die Funktionen mit Hilfe der folgenden KV-Diagramme:

J_1 :

	Q_0	0	1
Q_1		0	1
	1	x	x

$$J_1 = Q_0$$

K_1 :

Q_1	Q_0	0	1	$K_1 = Q_0$
0		x	x	
1		0	1	

$J_0:$

Q_1	Q_0	0	1
0		1	x
1		1	x

$J_0 = 1$

$K_0:$

Q_1	Q_0	0	1
0		x	1
1		x	1

$K_0 = 1$

$y_2:$

Q_1	Q_0	0	1
0		0	0
1		1	0

$y_2 = Q_1 \bar{Q}_0$

$y_1:$

Q_1	Q_0	0	1
0		0	1
1		0	1

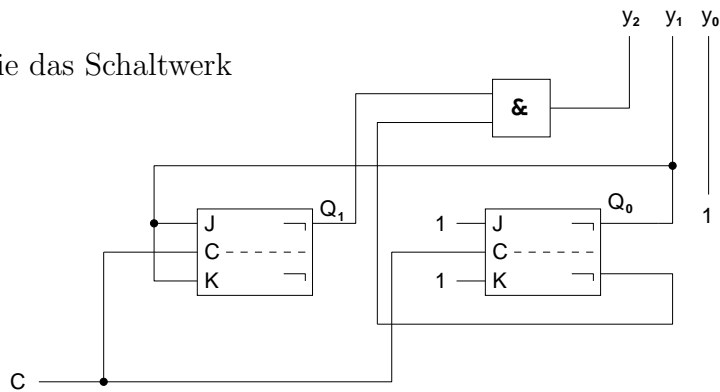
$y_1 = Q_0$

$y_0 = 1$

() / 3

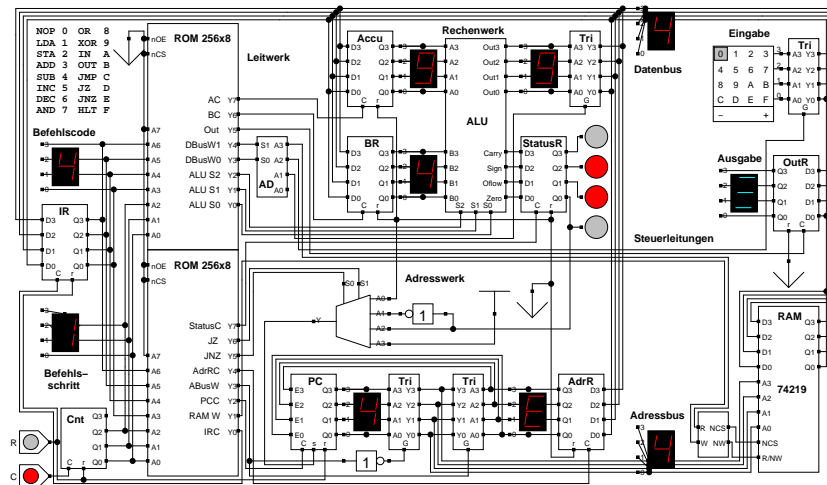
d) Zeichnen Sie das Schaltwerk

() / 1



Aufgabe 6: Programmierung der Mini-CPU

gegeben sei die Mini-CPU in der letzten Ausbaustufe:



a) Entwerfen Sie ein Assemblerprogramm zur Berechnung folgender Aufgabe.

Berechnen Sie die bitweise Äquivalenz der Inhalte der Speicherstellen E und F. Das Ergebnis soll in Speicherstelle D gespeichert werden. Die Inhalte der Speicherstellen D, E und F seien vor Programmstart mit den Werten 0,A und C gefüllt.

```

0:  LDA  F
2:  XOR  E
4:  XOR  C
6:  STA  D
8:  HLT
:
C:  F
D:  0
E:  A
F:  C
    
```

() / 7

- b) Assemblieren Sie Ihr Programm und tragen Sie Ihr Programm in den folgenden "Hauptspeicher" ein. Evtl. nicht benötigte Speicherplätze frei lassen.

ADR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
DAT	1	F	9	E	9	C	2	D	F				F	0	A	C

() / 1

- c) Welchen Inhalt hat der Hauptspeicher, nachdem die CPU Ihr Programm abgearbeitet hat?

ADR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
DAT	1	F	9	E	9	C	2	D	F				F	9	A	C

() / 1