UNIVERSITÄT LEIPZIG

Institut für Informatik

Seminaraufgaben

2.Semester – Sommersemester 2002

Abt. Technische Informatik
Gerätebeauftragter
Dr. rer.nat. Hans-Joachim Lieske
Tel.: [49]-0341-97 32213
Zimmer: HG 02-37
e-mail: lieske@informatik.uni-leipzig.de
www: http:/www.ti-leipzig.de/~lieske/
Sprechstunde:Mi. 14^{00} – 15^{00} (Vorlesungszeit)

Aufgaben zur Übung
Grundlagen der Technische Informatik 2

3. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

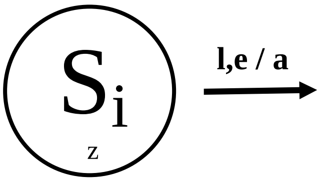
Entwicklung der Schaltung eines Automaten **(Gesamtpunktzahl=48 Punkte)**

Entwerfen Sie ein synchrones Schaltwerk, welches beliebig lange Dualzahlen bitweise von links nach rechts einliest (Eingang e)und dabei bitweise die entsprechende Graycode-Zahl von links nach rechts ausgibt (Ausgang a, pro Takt ein Bit).
Ein weiteres Eingangssignal l (Eingang l) gibt an, ob das gerade einzulesende Bit das letzte der Zahl ist.
Es ist ein Mealy Automat zu verwenden. Das Schaltwerk ist mit JK-FlipFlops und T-FlipFlops zu realisieren.
Der Anfangszustand ist S_0 $\left(l, e, z = 0{,}0{,}0\right)$.

Dualzahl	Graycode
0	0
1	1
10	11
11	10
100	110
101	111
110	101
111	100
1000	1100
1001	1101
1010	1111
1011	1110
1100	1010
1101	1011
1110	1001
1111	1000
10000	11000
...	...

1. Bestimmen Sie die Zustände. **6 Punkte**
2. Geben Sie das Übergangsdiagramm (Automatengraph) an. **6 Punkte**
3. Erstellen Sie die Übergangs- und Funktionstabellefür die Realisation mit JK-FlipFlops. **6 Punkte**
4. Geben Sie die Ansteuergleichungen und die Ausgangsgleichung für die Realisation mit JK-FlipFlops an. **6 Punkte**
5. Zeichnen Sie die entworfene Schaltung für die Realisation mit JK-FlipFlops. **6 Punkte**
6. Erstellen Sie die Übergangs- und Funktionstabelle für die Realisation mit T-FlipFlops **6 Punkte**
7. Geben Sie die Ansteuergleichungen und die Ausgangsgleichung für die Realisation mit T-FlipFlops an. **6 Punkte**
8. Zeichnen Sie die entworfene Schaltung für die Realisation mit T-FlipFlops. **6 Punkte**

Als Hilfe ein Muster des Aufbaus des Automatengraphen und der Übergangs- / Funktionstabelle:



JK-Flip-Flop

Übergangs- / Funktionstabelle								
Zahl	Eingangsvariablen l, e, z	z^+	a	z	z^+	j	k	nächster Zustand /Zahl
0	0 0 0							
1	0 0 1							
2	0 1 0							
3	0 1 1							
4	1 0 0							
5	1 0 1							
6	1 1 0							
7	1 1 1							

T-Flip-Flop

Übergangs- / Funktionstabelle								
Zahl	Eingangsvariablen l, e, z	z^+	a	z	z^+	T		nächster Zustand /Zahl
0	0 0 0							
1	0 0 1							
2	0 1 0							
3	0 1 1							
4	1 0 0							
5	1 0 1							
6	1 1 0							
7	1 1 1							

Lösung

3. Aufgabenkomplex - 1. Aufgabe

Entwicklung der Schaltung eines Automaten **(Gesamtpunktzahl=48 Punkte)**

1. Bestimmen Sie die Zustände. **6 Punkte**

Die Variable l ist für das Ergebnis unmaßgebend, da nur für die Schaffung des Grundzustandes bei Eingabe der letzten Zahl von Bedeutung.

erste Eingabe vom Eingangszustand (0) aus
rote Zahlen entsprechen der vorhergehenden Eingabe, rot unterlegt – aktuelle Eingabe, blau unterlegt - Ausgabe

erste Eingabe

Zahl	Dualzahl						Graycodezahl				
0					0	0					0
1					0	1					1
2				0	1	0				1	1
3				0	1	1				1	0
4			0	1	0	0			1	1	0
5			0	1	0	1			1	1	1
6			0	1	1	0			1	0	1
7			0	1	1	1			1	0	0
8		0	1	0	0	0		1	1	0	0
9		0	1	0	0	1		1	1	0	1
10		0	1	0	1	0		1	1	1	1
11		0	1	0	1	1		1	1	1	0
12		0	1	1	0	0		1	0	1	0
13		0	1	1	0	1		1	0	1	1
14		0	1	1	1	0		1	0	0	1
15		0	1	1	1	1		1	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

zweite Eingabe

Zahl	Dualzahl					Graycodezahl				
0					0					0
1					1					1
2				1	0				1	1
3				1	1				1	0
4			1	0	0			1	1	0
5			1	0	1			1	1	1
6			1	1	0			1	0	1
7			1	1	1			1	0	0
8		1	0	0	0		1	1	0	0
9		1	0	0	1		1	1	0	1
10		1	0	1	0		1	1	1	1
11		1	0	1	1		1	1	1	0
12		1	1	0	0		1	0	1	0
13		1	1	0	1		1	0	1	1
14		1	1	1	0		1	0	0	1
15		1	1	1	1		1	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

dritte Eingabe

Zahl	Dualzahl					Graycodezahl				
0					0					0
1					1					1
2				1	0				1	1
3				1	1				1	0
4			1	0	0			1	1	0
5			1	0	1			1	1	1
6			1	1	0			1	0	1
7			1	1	1			1	0	0
8		1	0	0	0		1	1	0	0
9		1	0	0	1		1	1	0	1
10		1	0	1	0		1	1	1	1
11		1	0	1	1		1	1	1	0
12		1	1	0	0		1	0	1	0
13		1	1	0	1		1	0	1	1
14		1	1	1	0		1	0	0	1
15		1	1	1	1		1	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

vierte Eingabe

Zahl	Dualzahl					Graycodezahl				
0					0					0
1					1					1
2				1	0				1	1
3				1	1				1	0
4			1	0	0			1	1	0
5			1	0	1			1	1	1
6			1	1	0			1	0	1
7			1	1	1			1	0	0
8		1	0	0	0		1	1	0	0
9		1	0	0	1		1	1	0	1
10		1	0	1	0		1	1	1	1
11		1	0	1	1		1	1	1	0
12		1	1	0	0		1	0	1	0
13		1	1	0	1		1	0	1	1
14		1	1	1	0		1	0	0	1
15		1	1	1	1		1	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

fünfte Eingabe

Zahl	Dualzahl					Graycodezahl				
0					0					0
1					1					1
2				1	0				1	1
3				1	1				1	0
4			1	0	0			1	1	0
5			1	0	1			1	1	1
6			1	1	0			1	0	1
7			1	1	1			1	0	0
8		1	0	0	0		1	1	0	0
9		1	0	0	1		1	1	0	1
10		1	0	1	0		1	1	1	1
11		1	0	1	1		1	1	1	0
12		1	1	0	0		1	0	1	0
13		1	1	0	1		1	0	1	1
14		1	1	1	0		1	0	0	1
15		1	1	1	1		1	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

erste Betrachtung: l = 1 Eingabe des letzten Bits d.h. der Automat geht in den Zustand 0

1. Eingabe **Da vom Grundzustand ausgegangen wird, ist** $e^{-1} = 0$		
Zahl	**Eingangsvariablenl** e^{-1}, e	a
0	**0 0**	**0**
1	**0 1**	**1**

2. Eingabe Da von der ersten Eingabe ausgegangen wird, ist $e^{-1} = 1$		
Zahl	**Eingangsvariablenl** e^{-1}, e	a
0	**1 0**	**1**
1	**1 1**	**0**

ab der 3. Eingabe		
Zahl	**Eingangsvariablenl** e^{-1}, e	a
0	**0 0**	**0**
1	**0 1**	**1**
2	**1 0**	**1**
3	**1 1**	**0**

Aus den Betrachtungen ergibt sich, dass der Ausgabewert a von dem vorherigen Eingabewert e^{-1} abhängig ist. Deshalb muß dieser Wert in einem Zustand gespeichert werden.

Ohne die Variable l würde sich folgendes ergeben:

Zustand S_0 mit z=0: vorherige Eingabe in e ist 0

Zustand S_1 mit z=1: vorherige Eingabe in e ist 1

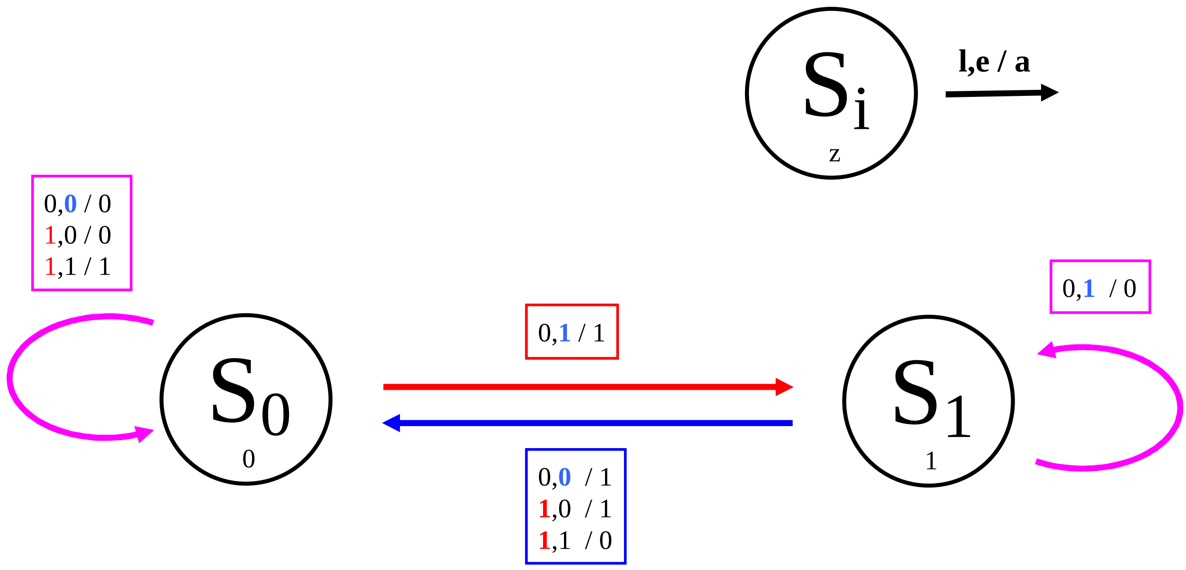
Dazu kommt die Variable l, d.h. ist l = 1 so wird der Grundzustand (S_0) beim nächsten Takt erzwungen

Mit der VariableVariable l würde sich folgendes ergeben:

Zustand S_0 : vorherige Eingabe in e ist 0 oder die Zahl ist zu Ende (l = 1)

Zustand S_1 : vorherige Eingabe in e ist 1 und die Zahl ist nicht zu Ende (l = 0)

2. Geben Sie das Übergangsdiagramm (Automatengraph) an. **6 Punkte**



Betrachtung ohne l bzw. l=0
Der Automat muß sich die vorhergehende Eingabe merken, deshalb geht er im Modus l=0 bei e=1 auf den Zustand S_1 und e=0 auf den Zustand S_0.
Betrachtung mit l=1
Bei l=1 geht er unabhängig von e auf den Zustand S_0, dies entspricht der vorherigen Eingabe von e=0.

3. Erstellen Sie die Übergangs- und Funktionstabellefür die Realisation mit JK-FlipFlops. **6 Punkte**

4. Geben Sie die Ansteuergleichungen und die Ausgangsgleichung für die Realisation mit JK-FlipFlops an. **6 Punkte**

Übergangstabelle			
Zahl	**Eingangsvariablenl** l, e, z	z^+	**a**
0	0 0 0	0	**0**
1	0 0 1	0	**1**
2	0 1 0	1	**1**
3	0 1 1	1	**0**
4	1 0 0	0	**0**
5	1 0 1	0	**1**
6	1 1 0	0	**1**
7	1 1 1	0	**0**

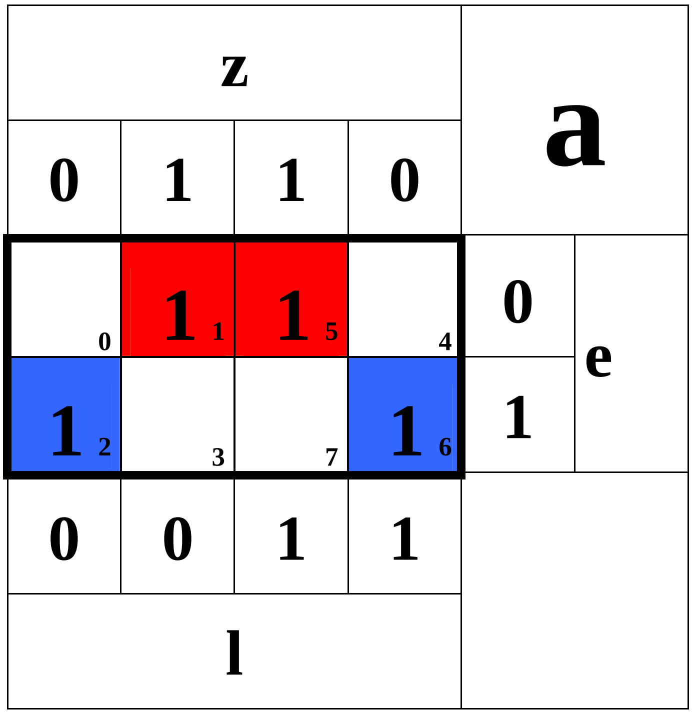
Diese Tabelle würde für ein D-Flipflop gelten.

Übergangs- / Funktionstabelle								
Zahl	**Eingangsvariablen** l, e, z	z^+	**a**	z	z^+	**j**	**k**	**nächster Zustand /Zahl**
0	**0 0 0**	**0**	**0**					**0 / 0**
1	**0 0 1**	**0**	**1**					**0 / 0**
2	**0 1 0**	**1**	**1**					**1 / 3**
3	**0 1 1**	**1**	**0**					**1 / 3**
4	**1 0 0**	**0**	**0**					**0 / 4**
5	**1 0 1**	**0**	**1**					**0 / 4**
6	**1 1 0**	**0**	**1**					**0 / 6**
7	**1 1 1**	**0**	**0**					**0 / 6**

Die Ansteuergleichung für a ist unabhängig vom Typ des Flipflops.

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$

Das lässt sich vereinfachen:



JK-Flip-Flop

Übergangs- / Funktionstabelle									
Zahl	**Eingangsvariablen** l, e, z	z^+	**a**	z	z^+	**j**	**k**	**Funktion**
0	**0 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0** **0**	**0** **1**	**speichern** **rücksetzen**
1	**0 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1** **0**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**
2	**0 1 0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1** **1**	**1** **0**	**wechseln** **setzen**
3	**0 1 1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0** **1**	**0** **0**	**speichern** **setzen**
4	**1 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0** **0**	**0** **1**	**speichern** **rücksetzen**
5	**1 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1** **0**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**
6	**1 1 0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0** **0**	**0** **1**	**speichern** **rücksetzen**
7	**1 1 1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1** **0**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**

Funktionstabelle des JK-Flipflops			
J	K	Q_{n+1}	Funktion
0	0	Q_n	speichern
0	1	0	rücksetzen
1	0	1	setzen
1	1	$\overline{Q}_n$	wechseln

speichern / wechseln :

$j = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$

$k = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$

setzen / rücksetzen :

$l = \bar{l}ez \vee \bar{l}e\bar{z}$

$k = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee l\bar{e}\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z \vee \bar{l}\bar{e}\bar{z}$

Funktionstabelle des JK-Flipflops				
Q_n	Q_{n+1}	j	k	Funktion
0	**0**	**0** **0**	**0** **1**	speichern rücksetzen
0	**1**	**1** **1**	**1** **0**	wechseln setzen
1	**0**	**1** **0**	**1** **1**	wechseln rücksetzen
1	**1**	**0** **1**	**0** **0**	speichern setzen

JK-Flip-Flop

Übergangs- / Funktionstabelle								
Zahl	**Eingangsvariablen** l, e, z	z^+	**a**	z	z^+	**j**	**k**	**Funktion**
0	**0 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0** **0**	**-**	**speichern** **rücksetzen**
1	**0 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**-**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**
2	**0 1 0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1** **1**	**-**	**wechseln** **setzen**
3	**0 1 1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**-**	**0** **0**	**speichern** **setzen**
4	**1 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0** **0**	**-**	**speichern** **rücksetzen**
5	**1 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**-**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**
6	**1 1 0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0** **0**	**-**	**speichern** **rücksetzen**
7	**1 1 1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**-**	**1** **1**	**wechseln** **rücksetzen**

Funktionstabelle des JK-Flipflops				
Q_n	Q_{n+1}	j	k	Funktion
0	**0**	**0**	**-**	**speichern** **rücksetzen**
0	**1**	**1**	**-**	**wechseln** **setzen**
1	**0**	**-**	**1**	**wechseln** **rücksetzen**
1	**1**	**-**	**0**	**speichern** **setzen**

$$j = \bar{l} e \bar{z}$$

$$k = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}\bar{e}z$$

$$j = \bar{l} e \bar{z} = \bar{l} e$$

Das lässt sich vereinfachen:

z				j	
0	1	1	0		
$_{0}$	$-\,_{1}$	$-\,_{5}$	$_{4}$	0	e
$1\,_{2}$	$-\,_{3}$	$-\,_{7}$	$_{6}$	1	
0	0	1	1		
l					

z				j	
0	1	1	0		
$_{0}$	$0\,_{1}$	$0\,_{5}$	$_{4}$	0	e
$1\,_{2}$	$1\,_{3}$	$0\,_{7}$	$_{6}$	1	
0	0	1	1		
l					

$$k = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}\bar{e}z = l \vee \bar{e}$$
$$= \overline{\bar{l} \wedge e} = \bar{j}$$

Das lässt sich vereinfachen:

z				k	
0	1	1	0		
- 0	1 1	1 5	- 4	0	e
- 2	3	1 7	- 6	1	
0	0	1	1		
l					

z				k	
0	1	1	0		
1 0	1 1	1 5	1 4	0	e
0 2	3	1 7	1 6	1	
0	0	1	1		
l					

5. Zeichnen Sie die entworfene Schaltung für die Realisation mit JK-FlipFlops. **6 Punkte**

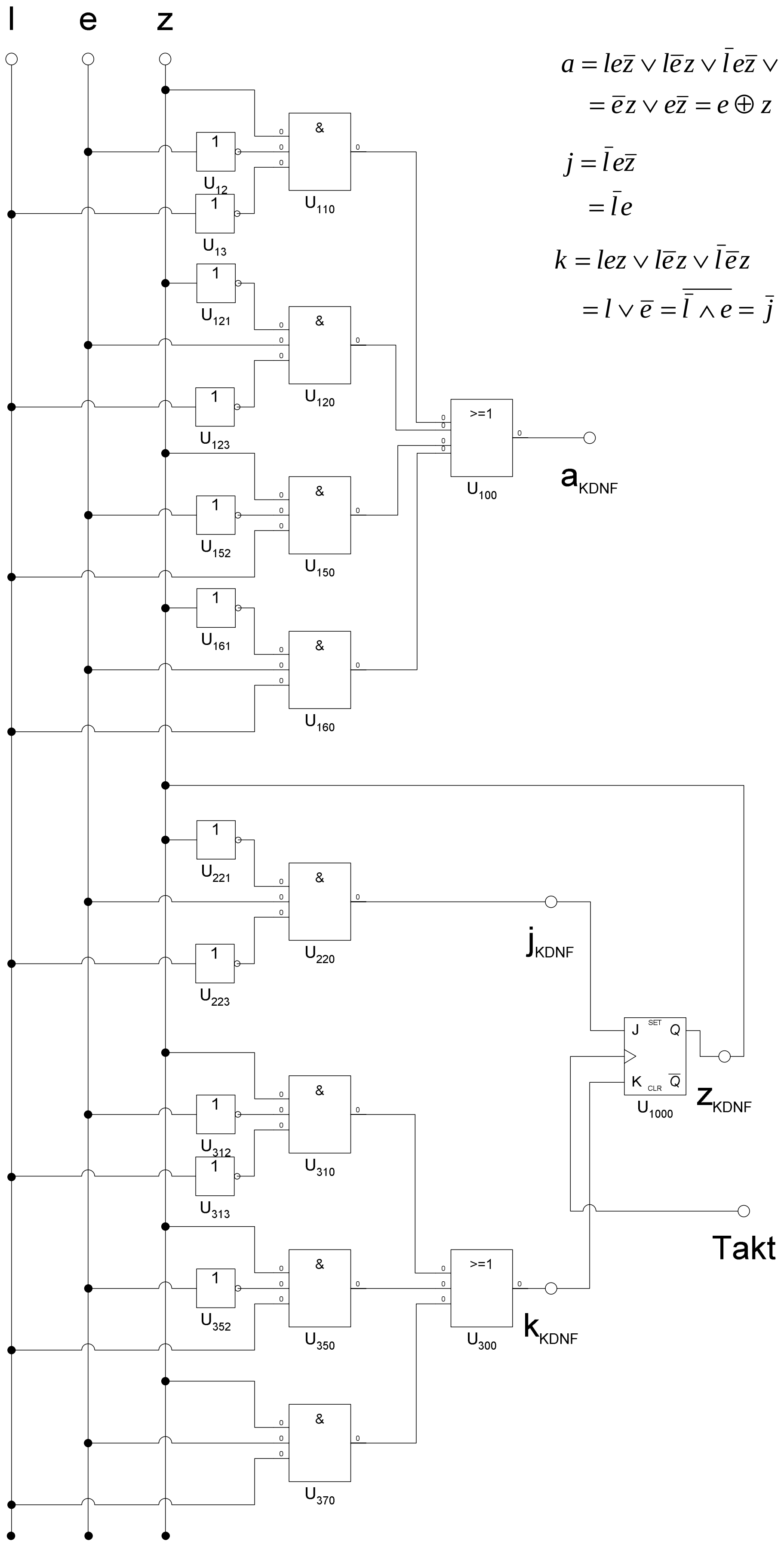
Der Übersichtlichkeit halber wurden alle Flipflop-Ausgänge auf Q gelegt. Es ist genau so möglich noch einen Draht $\bar{z}$ einzufügen und diesen an $\overline{Q}$ anzuschließen.

5.1. Schaltung - einfache Variante (kanonisch disjunktiv)

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$

$$j = \bar{l}e\bar{z}$$
$$= \bar{l}e$$

$$k = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= l \vee \bar{e} = \overline{\bar{l} \wedge e} = \bar{j}$$

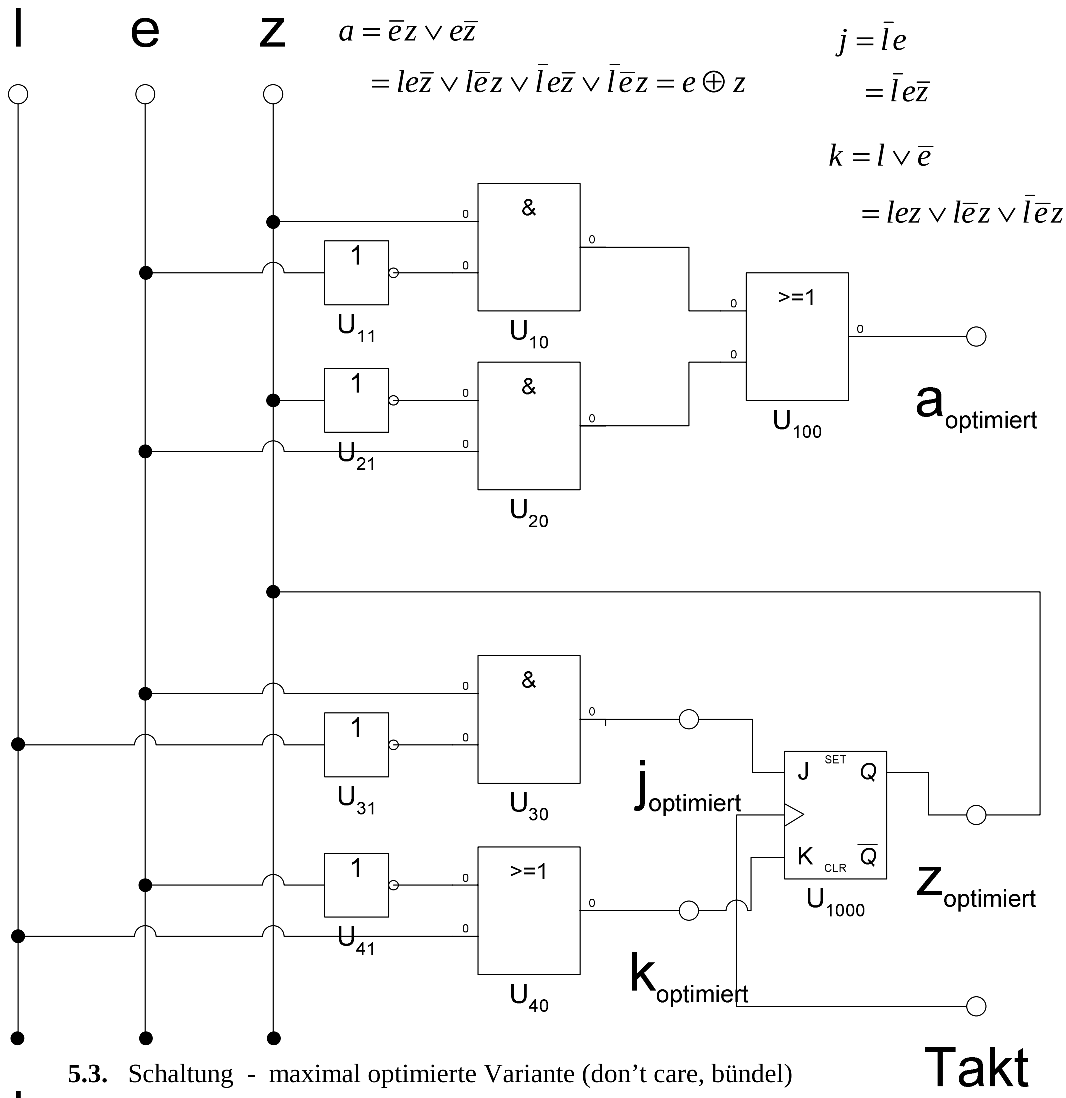


5.2. Schaltung - einzeln don't caer optimierte Variante (disjunktiv)

$$a = \bar{e}z \vee e\bar{z} = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = e \oplus z$$

$$j = \bar{l}e = \bar{l}e\bar{z}$$

$$k = l \vee \bar{e} = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}\bar{e}z = \overline{\bar{l} \wedge e} = \bar{j}$$

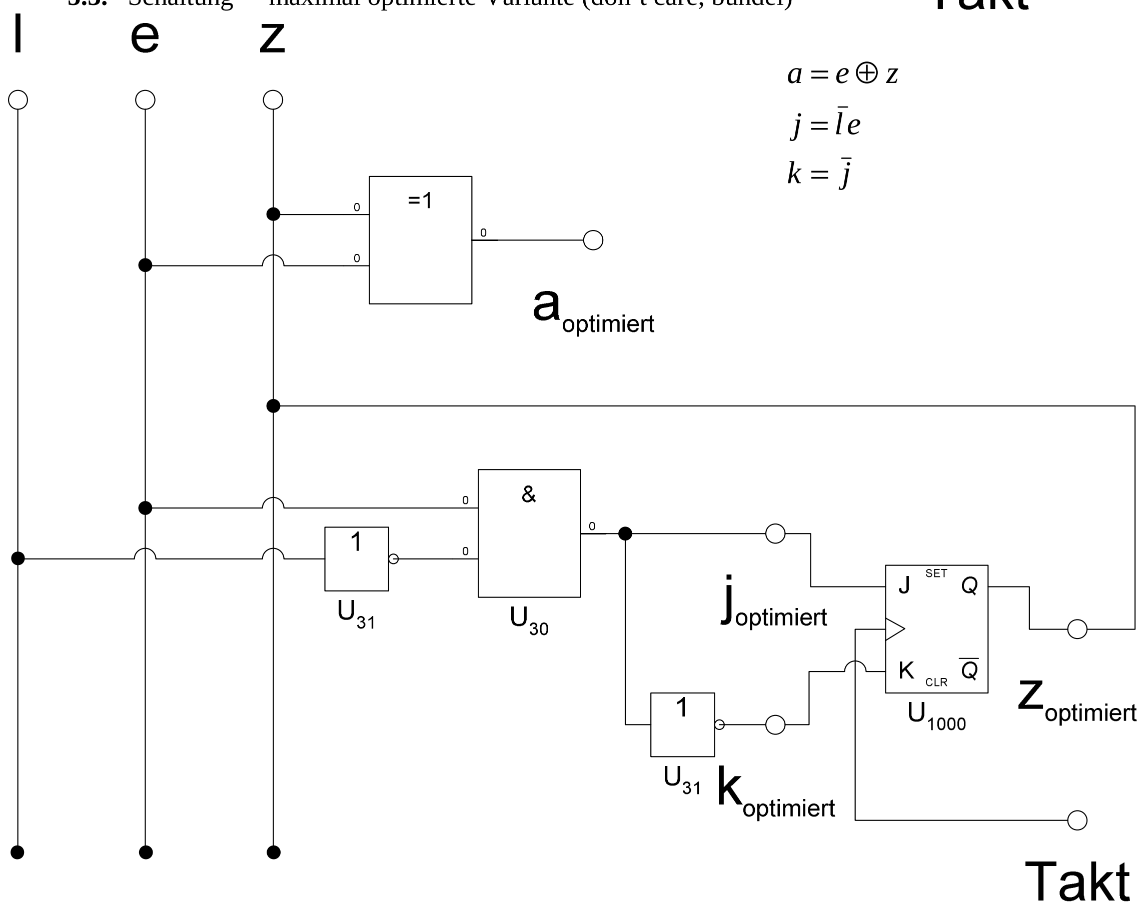


5.3. Schaltung - maximal optimierte Variante (don't care, bündel)

$$a = e \oplus z$$

$$j = \bar{l}e$$

$$k = \bar{j}$$



6. Erstellen Sie die Übergangs- und Funktionstabelle für die Realisation mit T-FlipFlops **6 Punkte**

JK-Flip-Flop

Übergangs- / Funktionstabelle								
Zahl	**Eingangsvariablen** l, e, z	z^+	**a**	z	z^+	**T**	**Funktion**
0	**0 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**speichern**
1	**0 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**wechseln**
2	**0 1 0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**wechseln**
3	**0 1 1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**speichern**
4	**1 0 0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**speichern**
5	**1 0 1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**wechseln**
6	**1 1 0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**speichern**
7	**1 1 1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**wechseln**

Funktionstabelle des T-Flipflops		
T	Q_{n+1}	Funktion
0	Q_n	speichern
1	$\overline{Q}_n$	wechseln

7. Geben Sie die Ansteuergleichungen und die Ausgangsgleichung für die Realisation mit T-FlipFlops an. **6 Punkte**

Die Ansteuergleichung für a ist gleich der für das JK-Flipflop:

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$

$$T = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee lz \vee \bar{l}e\bar{z}$$

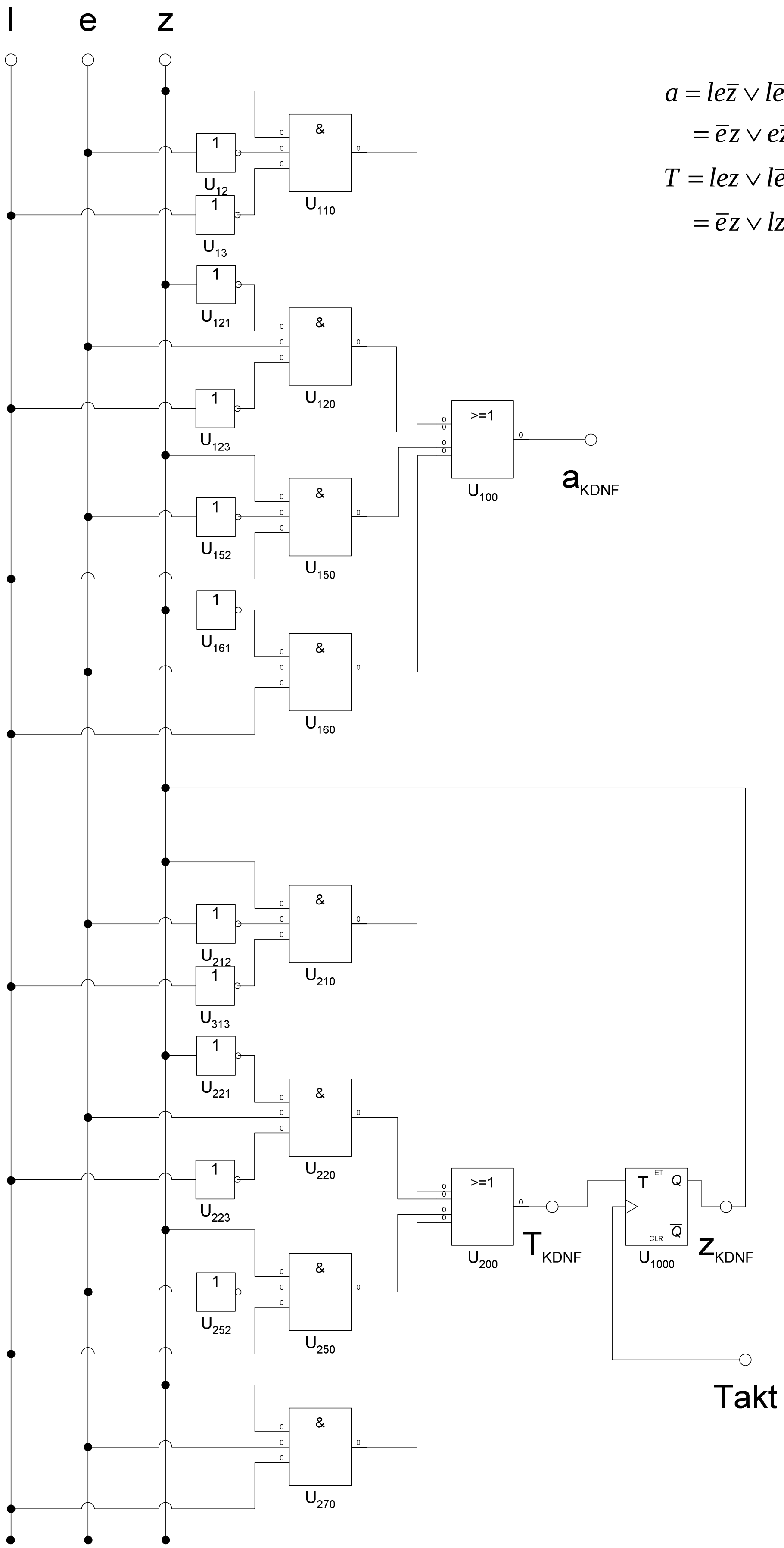
Das lässt sich vereinfachen:

<table>
<tr><td colspan="4">z</td><td colspan="2" rowspan="2">T</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1 1</td><td>1 5</td><td>4</td><td>0</td><td rowspan="2">e</td></tr>
<tr><td>1 2</td><td>3</td><td>1 7</td><td>6</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">l</td></tr>
</table>

8. Zeichnen Sie die entworfene Schaltung für die Realisation mit T-FlipFlops. **6 Punkte**

Der Übersichtlichkeit halber wurden alle Flipflop-Ausgänge auf Q gelegt. Es ist genau so möglich noch einen Draht $\bar{z}$ einzufügen und diesen an $\overline{Q}$ anzuschließen.

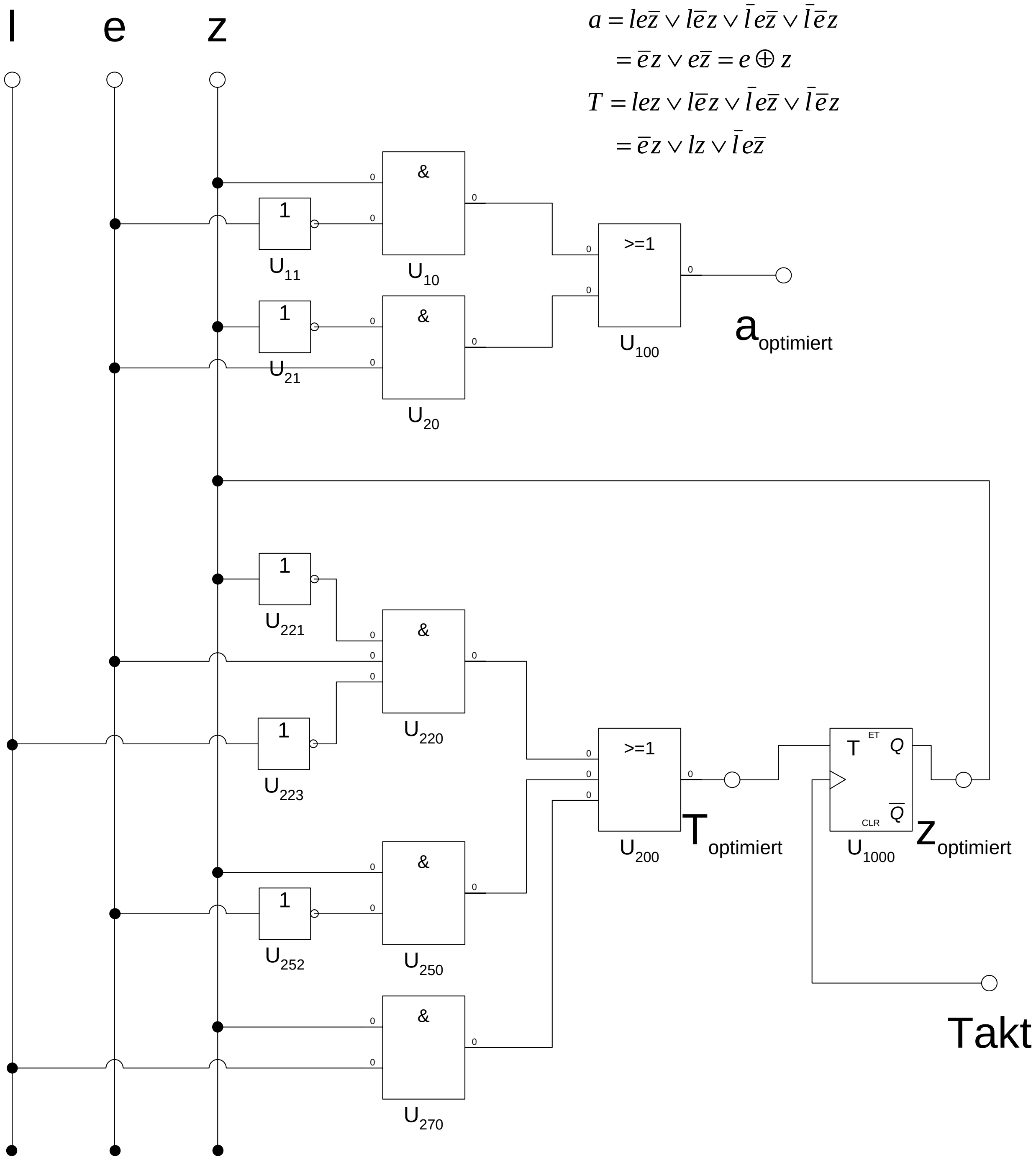
8.1. Schaltung - einfache Variante (kanonisch disjunktiv)



$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$
$$T = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= \bar{e}z \vee lz \vee \bar{l}e\bar{z}$$

8.2. Schaltung - optimierte Variante (disjunktiv)

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$
$$T = lez \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z$$
$$= \bar{e}z \vee lz \vee \bar{l}e\bar{z}$$



9. Erstellen Sie die Übergangs- und Funktionstabellefür die Realisation mit D-FlipFlops.**(nur zur Information)**

10. Geben Sie die Ansteuergleichungen und die Ausgangsgleichung für die Realisation mit D-FlipFlops an. **(nur zur Information)**

Übergangstabelle			
Zahl	**Eingangsvariablenl** l, e, z	$z^+ = D$	**a**
0	**0** 0 **0**	0	**0**
1	**0** 0 **1**	0	**1**
2	**0** 1 **0**	1	**1**
3	**0** 1 **1**	1	**0**
4	1 **0 0**	0	**0**
5	1 **0 1**	0	**1**
6	1 **1 0**	0	**1**
7	1 **1 1**	0	**0**

Diese Tabelle würde für ein D-Flipflop gelten.

Die Ansteuergleichung für a ist unabhängig vom Typ des Flipflops.

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$
$$D = \bar{l}ez \vee \bar{l}e\bar{z} = \bar{l}e$$

Das lässt sich vereinfachen:

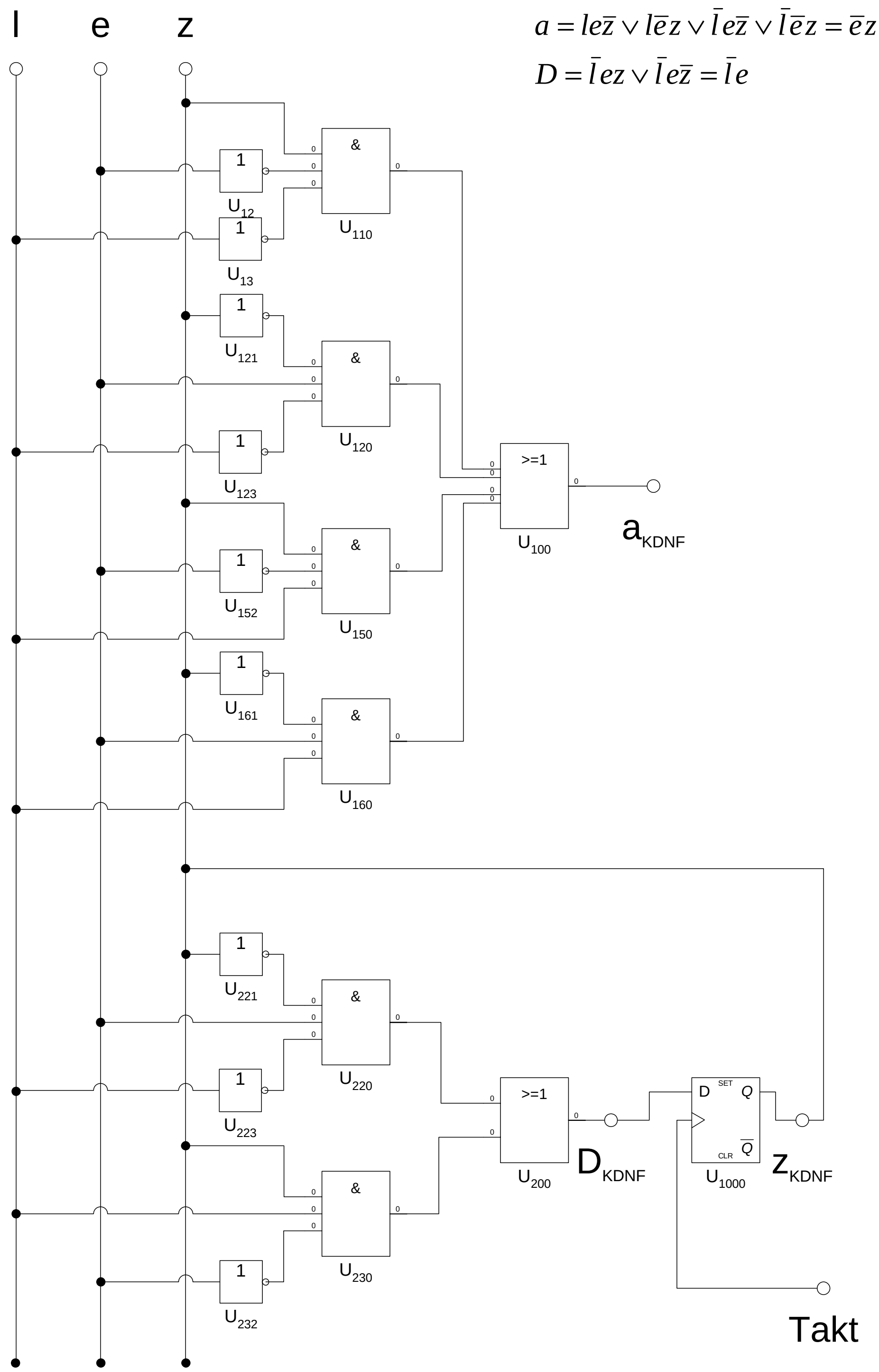
<table>
<tr><td colspan="4">z</td><td colspan="2" rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>5</td><td>4</td><td>0</td><td rowspan="2">e</td></tr>
<tr><td>1 2</td><td>1 3</td><td>7</td><td>6</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">l</td></tr>
</table>

11. Zeichnen Sie die entworfene Schaltung für die Realisation mit T-FlipFlops. **(nur zur Information)**

11.1. Schaltung - einfache Variante (kanonisch disjunktiv) . **(nur zur Information)**

$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$

$$D = \bar{l}ez \vee \bar{l}e\bar{z} = \bar{l}e$$



$$a = le\bar{z} \vee l\bar{e}z \vee \bar{l}e\bar{z} \vee \bar{l}\bar{e}z = \bar{e}z \vee e\bar{z} = e \oplus z$$
$$D = \bar{l}ez \vee \bar{l}e\bar{z} = \bar{l}e$$