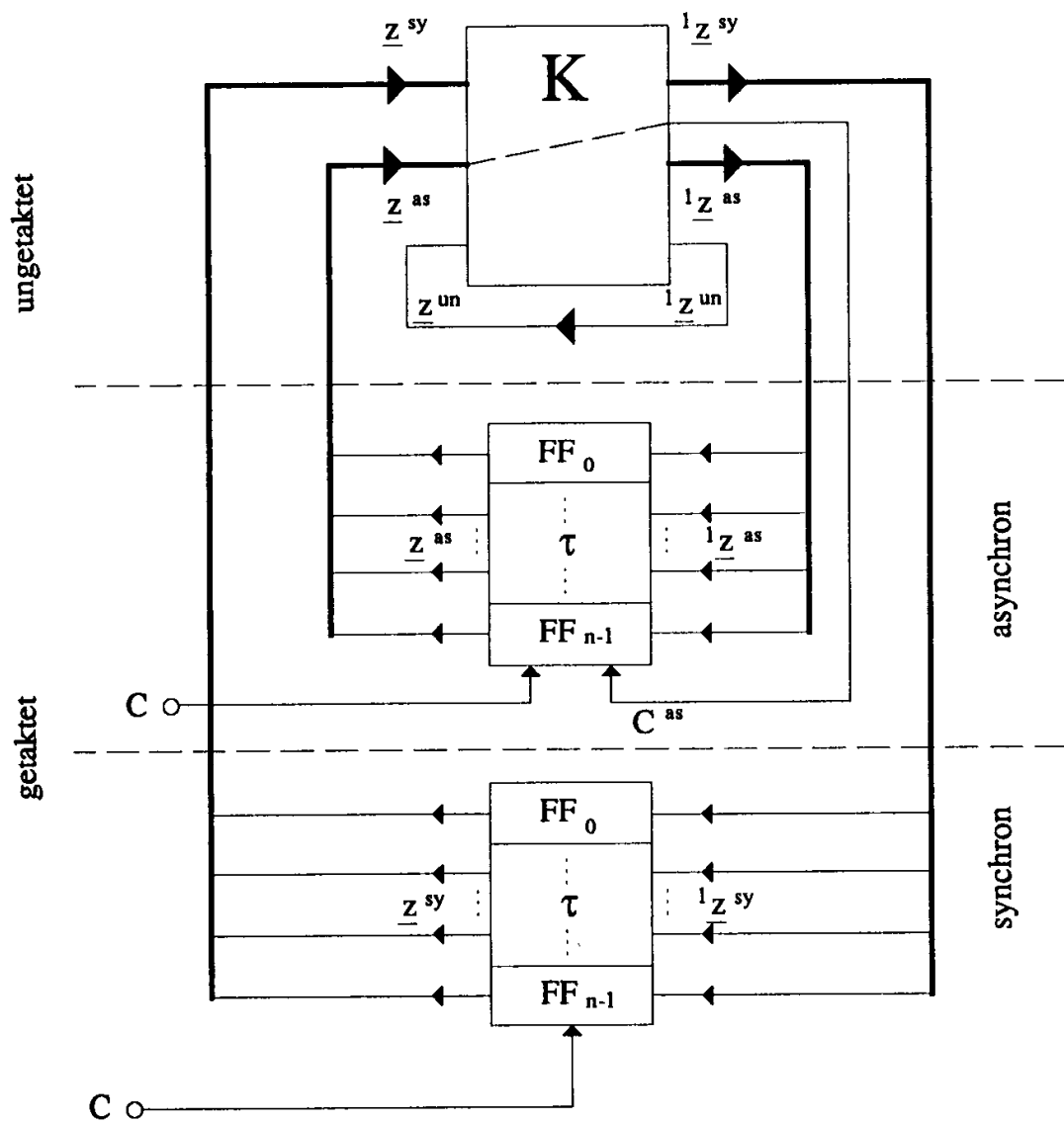


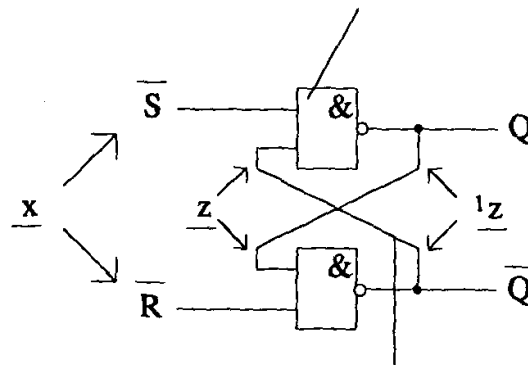
## **2.5. Digitale Automaten**

### 2.5.1. Einführung

## 2.5.2. Betriebsweisen von Automaten



z. B. Kombinatorik

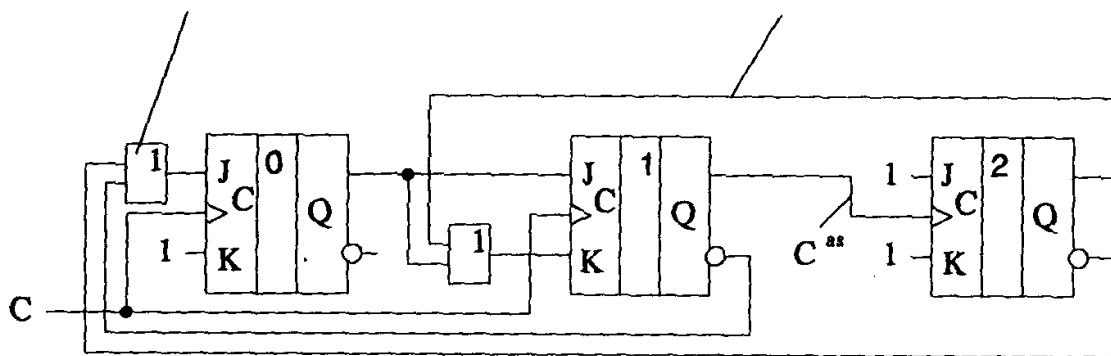


z. B. Rückführung

Ungetaktete Betriebsweise - ungetaktetes RS-Flip-Flop

z. B. Kombinatorik

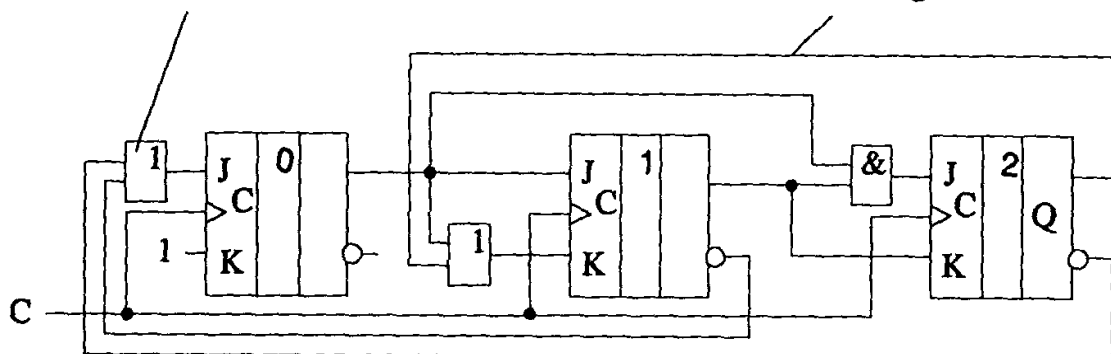
z. B. Rückführung



Getaktete asynchrone Betriebsweise - Asynchroner Zähler von 0 bis 6, zyklisch, BCD-Kode

z. B. Kombinatorik

z. B. Rückführung



Getaktete synchrone Betriebsweise - Synchroner Zähler von 0 bis 6, zyklisch, BCD-Kode

### 2.5.3. Automatentypen

Moore-Automat /Zustandsautomat

Medwedjew - Automat

Mealy - Automat

#### 2.5.4. Beschreibungsformen

Automatengraphen

Knoten und Kanten

$B_{ij}$  – Gewicht der Kante von  $Z_i$  nach  $Z_j$   
Bedingung für den Übergang von  $Z_i$  nach  $Z_j$   
 $X_\varepsilon$  – Eingangsalphabet (Eingangssignale)

Eigenschleifen

Anordnung der Ausgabe  $Y_i$  zum Knoten  $Z_i$  für den Mealy- Automaten

Anordnung der Ausgabe  $Y_i$  zum Knoten  $Z_i$  für den Moore-Automaten

Beispiel Mealy-Automat

Automatentabelle (Zustandsübergangstabelle)

Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	X	<sup>1</sup> Z <sub>1</sub>	<sup>1</sup> Z <sub>0</sub>	Y

Mealy - Automatentabelle


## Beispiel Moore-Automat

Moore-Automatentabelle




### 2.5.5. Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit

#### **Vollständigkeit**

Def: Der Automatengraph ist genau dann vollständig, wenn für alle Knoten der zugeordnete K-Plan in jedem Feld genau eine 1 enthält.

Alle Eingangssignale an den wegführenden Kanten von  $Z_i$  disjunktiv verknüpft müssen 1 ergeben.

## Widerspruchsfreiheit

Def. Der Automatengraph ist genau dann widerspruchsfrei, wenn für alle Knoten der zugeordnete K-Plan in jedem Feld höchstens eine 1 enthält.

Alle Eingangssignale an den wegführenden Kanten von  $Z_i$  paarweise konjunktiv verbunden müssen 0 ergeben.

### 2.5.6. Äquivalenz von Moore- und Mealy – Automaten

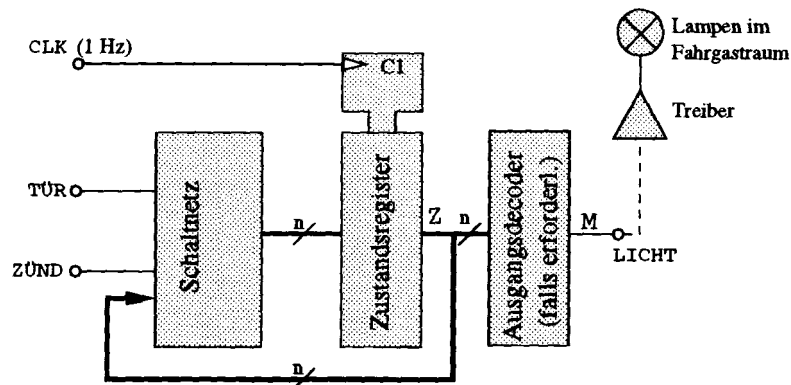
- a) Umwandlung Moore-Automat -> Mealy - Automat

b) Umwandlung Mealy - Automat -> Moore-Automat



## Aufgabe 1

Entwerfen Sie ein Schaltwerk auf der Basis des Bildes für die Innenlichtüberwachung eines PKWs! Durch das Öffnen einer Tür (TÜR = 1) wird das Licht eingeschaltet (LICHT = 1). Nach dem Schließen (TÜR = 0) leuchtet es für 6 Sek. weiter, wenn es nicht zuvor durch das Drehen des Zündschalters (ZÜND = 1) abgeschaltet wird. Gehen Sie zur Vereinfachung davon aus, daß die Tür nicht wieder geöffnet wird, solange das Licht brennt, und dass alle Türen ein gemeinsames TÜR-Signal erzeugen! Entwerfen Sie das Schaltwerk (Zustandsdefinition, -diagramm, Übergangstabelle und -gleichungen sowie die Gleichung des Ausgangssignals)!



## Aufgabe 2

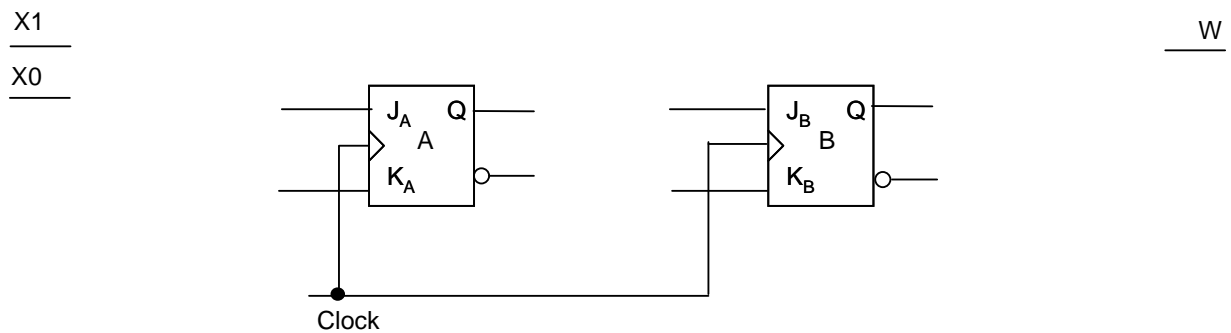
Eine sequenzielle Schaltung mit 2 JK-FF: A und B; 2 Eingängen: x1 und x0; und einen Ausgang w wird durch folgende Gleichungen spezifiziert:

$$J_A = Bx_0 + \overline{B} \cdot \overline{x_1} \quad K_A = \overline{B}x_0\overline{x_1}$$

$$J_B = \overline{A}x_0 \quad K_B = A + x_0\overline{x_1}$$

$$w = A\overline{x_0} \cdot \overline{x_1} + B\overline{x_0} \cdot x_1$$

a) Vervollständigen Sie die Schaltung auf Gatterniveau.



b) Füllen Sie die Zustandsfolgetabelle aus:

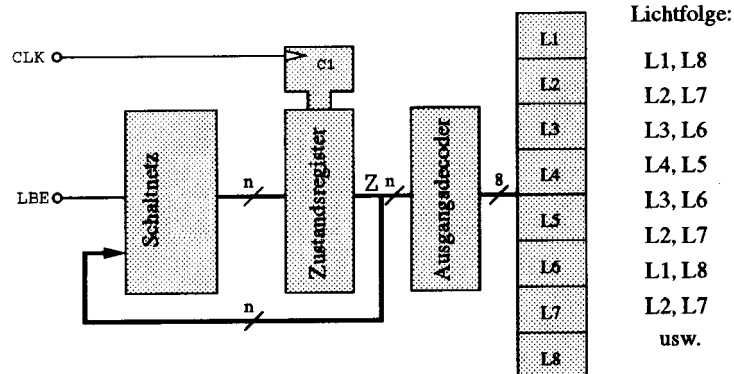
B	A	x1	x0	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>	<sup>1</sup> B	<sup>1</sup> A	w
0	0	0	0							
0	0	0	1							
0	0	1	0							
0	0	1	1							
0	1	0	0							
0	1	0	1							
0	1	1	0							
0	1	1	1							
1	0	0	0							
1	0	0	1							
1	0	1	0							
1	0	1	1							
1	1	0	0							
1	1	0	1							
1	1	1	0							

1	1	1	1							
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

b) Zeichnen Sie den Automatengraphen

### Aufgabe 3 Lichtbandsteuerung

Gegeben ist ein Lichtband aus 8 Lampen.



Entwickeln Sie ein Schaltwerk (Automat), das die Ansteuerung der einzelnen Lampen in den angegebenen Phasen vornimmt! Nach einem Reset leuchte keine Lampe. Das Signal  $LBE = 1$  (Licht Band Ein) startet den Vorgang mit Phase 1, in der die Lampen 1 und 8 leuchten. In den folgenden Phasen wird das Licht von außen nach innen fortgeschaltet. Man hat den Eindruck, als bewege sich ein Licht von L1 nach L8 und ein anderes von L8 nach L1. An den Endpositionen kehrt sich die Richtung jeweils um. Das Leuchtband ist solange in Betrieb, bis LBE zurückgenommen wird.  $LBE = 0$  bewirkt, dass alle Lampen mit der folgenden aktiven Taktfanke ausgeschaltet werden. Mit  $LBE = 1$  kann das Band wieder gestartet werden.

Entwerfen Sie das Schaltwerk.



### 2.5.7. Zustandsreduzierung

Def. Äquivalent:

Zwei Zustände  $Z_i$  und  $Z_j$  eines Automaten sind äquivalent, wenn der Automat auf eine beliebige Eingangsfolge stets mit derselben Ausgangsfolge reagiert, gleichgültig ob im Zustand  $Z_i$  oder im Zustand  $Z_j$  begonnen wird.

Bsp:

Automatentabelle

7		
Z/ X	X1	X2
1	7/1	6/0
2	7/1	3/1
3	8/1	2/0
4	5/1	2/0
5	8/1	7/1
6	5/1	3/1
7	8/1	5/1
8	7/1	1/0

	<sup>1</sup> Z		Y	
Z/ X	X1	X2	X1	X2
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Verträglichkeitstabelle

Z2							
Z3							
Z4							
Z5							
Z6							
Z7							
Z8							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7

**Bearbeitung der Verträglichkeitstabelle**

1. Überprüfung, ob 2 Zustände das gleiche Ausgabeverhalten haben (für alle Eingangssignale). Ist das nicht der Fall, muss das entsprechende Feld gestrichen werden.

2. Hat ein Zustandspaar das gleiche Ausgabeverhalten aber unterschiedliche Folgezustände (für das gleiche Eingangssignal), werden die Folgezustände geordnet nach den Eingangssignalen in das entsprechende Feld eingetragen.

3. Sind die Felder der unter Punkt 2 eingetragenen Zustandsfolgepaare in der Tabelle bereits unter Punkt 1 gestrichen worden, müssen auch alle Felder gestrichen werden, in denen diese Folgepaare stehen.

## Vereinigungsgraphen

### Aufgabe 4 Minimierung von Zuständen

Geben ist folgende Automatentabelle.

Z/X	X1	X2	X3	X4
1	1/0	2/0	1/0	1/0
2	1/0	2/0	7/1	2/0
3	3/0	2/0	3/0	8/1
4	3/1	4/0	7/1	4/0
5	3/1	5/0	7/1	5/0
6	1/0	6/0	7/1	6/0
7	1/0	7/0	7/1	6/0
8	3/1	5/0	7/1	8/0

Reduzieren Sie die Zustände mit Hilfe der Verträglichkeitstabelle.

Verträglichkeitstabelle

Z2							
Z3							
Z4							
Z5							
Z6							
Z7							
Z8							
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7

## 2.5.8. Codierung von synchronen Automaten

Ziel:

Codierungsregeln:

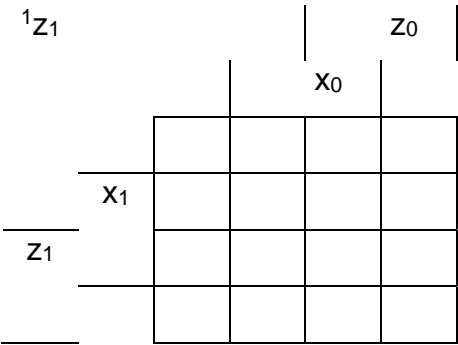
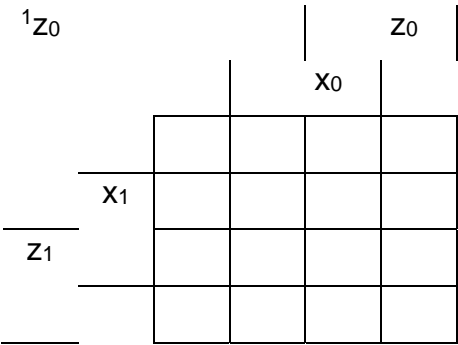
1. Hat ein Grundzustand bei mehreren Eingangselementen denselben Folgezustand, so sollten diese Eingangselemente einschrittig codiert werden.
2. Haben mehrere Grundzustände beim selben Eingangselement denselben Folgezustand, so sollten diese Grundzustände einschrittig codiert werden.
3. Folgezustände desselben Grundzustands sollten dann einschrittig codiert werden, wenn die zugehörigen Eingangselemente einschrittig codiert sind.

Bsp:

$n$	$n + 1$			
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$Z_0$	$Z_3$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_2$
$Z_1$	$Z_1$	$Z_3$	$Z_0$	$Z_1$
$Z_2$	$Z_3$	$Z_3$	$Z_2$	$Z_1$
$Z_3$	$Z_2$	$Z_1$	$Z_0$	$Z_2$

a) ohne Beachtung von Codierungsregeln

Z1	Z0	X1	X0	<sup>1</sup> Z1	<sup>1</sup> Z0
0	0	0	0		
0	0	0	1		
0	0	1	0		
0	0	1	1		
0	1	0	0		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		
1	0	0	1		
1	0	1	0		
1	0	1	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		



b) mit Beachtung der Codierungsregeln

$n$	$n + 1$			
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$Z_0$	$Z_3$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_2$
$Z_1$	$Z_1$	$Z_3$	$Z_0$	$Z_1$
$Z_2$	$Z_3$	$Z_3$	$Z_2$	$Z_1$
$Z_3$	$Z_2$	$Z_1$	$Z_0$	$Z_2$

### Regel 1

Quadratische Übergangstabelle

	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_0$				
$Z_1$				
$Z_2$				
$Z_3$				

	$X_1$	$X_0$
$X_0$		
$X_1$		
$X_2$		
$X_3$		

### Regeln 2 und 3

Auswertematrix

	$Z_0$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$Z_0$				
$Z_1$				
$Z_2$				
$Z_3$				

	$Z_1$	$Z_0$
$Z_0$		
$Z_1$		
$Z_2$		
$Z_3$		

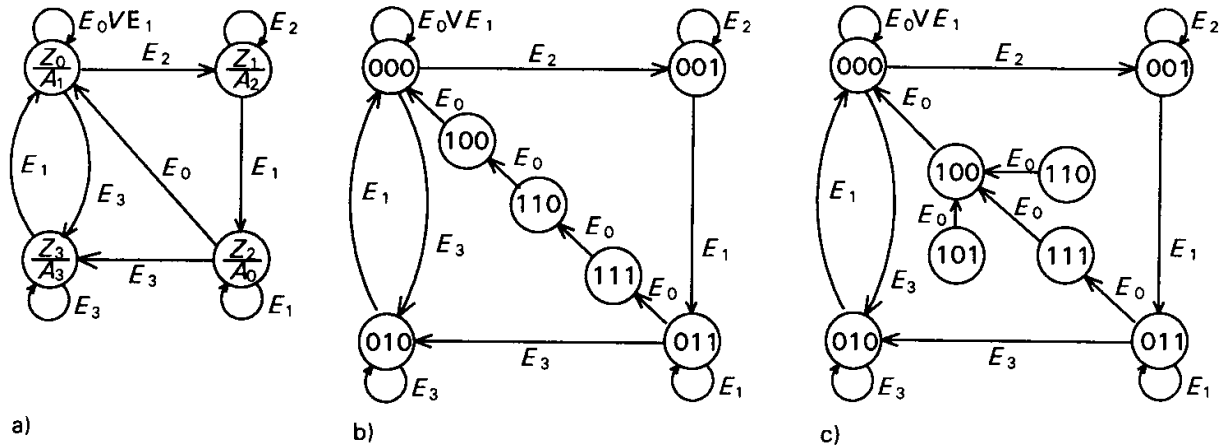




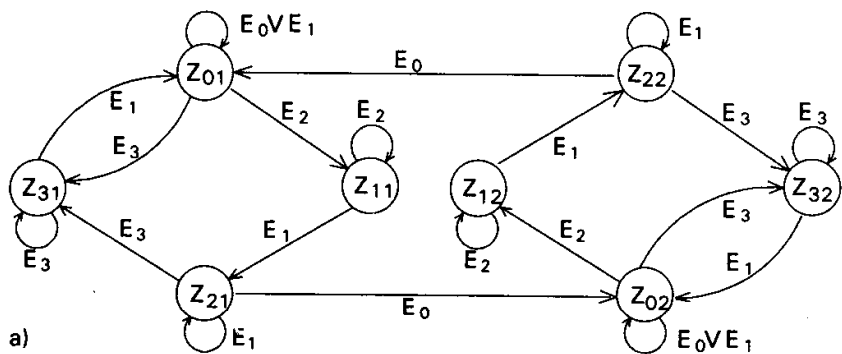
## 2.5.9. Entwurf von ungetakteter Automaten

**Codierung ungetakteter Automaten**

Bsp.

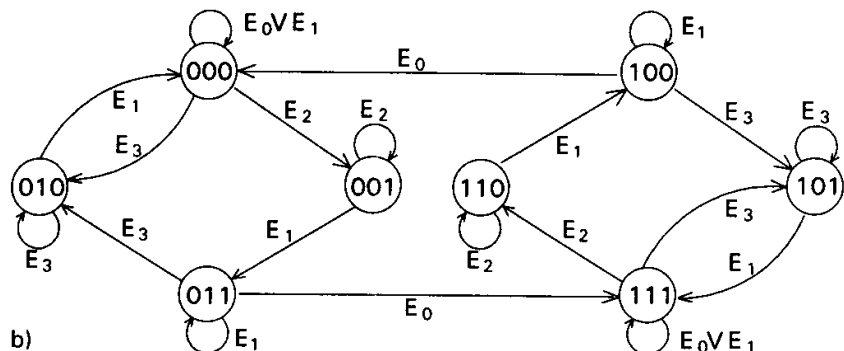


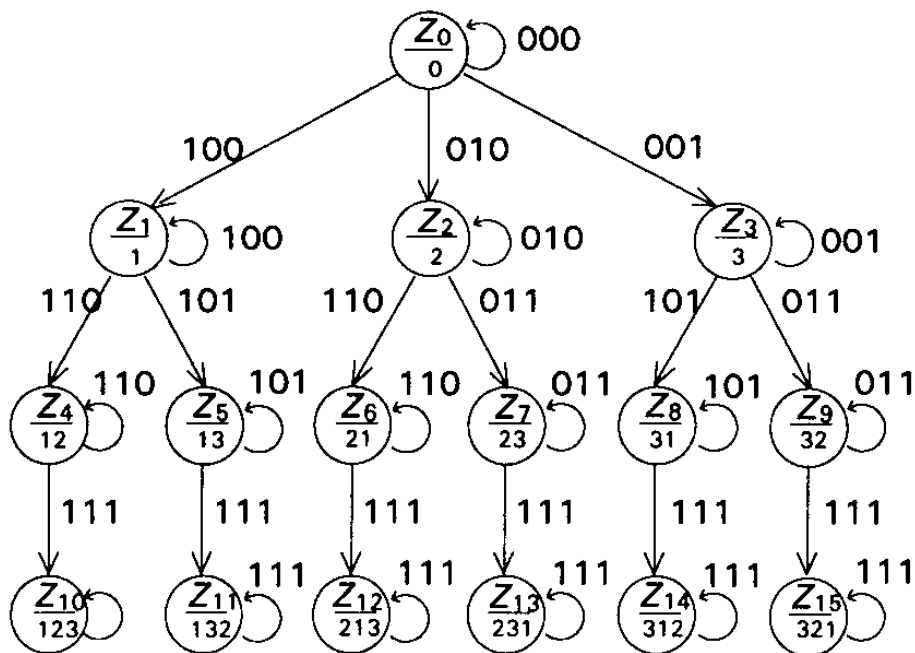
- a) Graph eines Automaten ohne Möglichkeit einschrittiger Codierung oder Übergangsumlenkung  
 b) Einschrittige Codierung Zwischen  $Z_2$  und  $Z_0$  durch Einfügen von 3 Durchlaufzuständen  
 c) Übergang von  $Z_2$  nach  $Z_0$  mit unkritischem Race, 2 Durchlaufzuständen und 2 Hilfszuständen



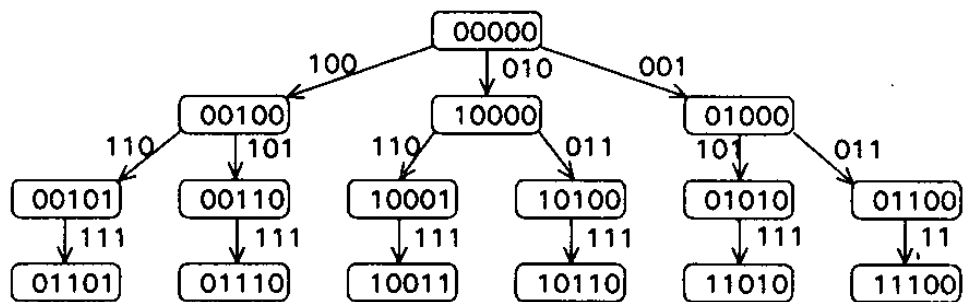
a) Zustandsaufspaltung  
des Graphen

a) Einschrittige Zustands-  
codierung





Graph für einen ungetakteten Moore-Automaten zum Erkennen der Reihenfolge bei der Betätigung von drei Schaltern



Graph mit einschrittiger Zustandskodierung