Hardwarebeschreibung

Digital-Design

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Kampe

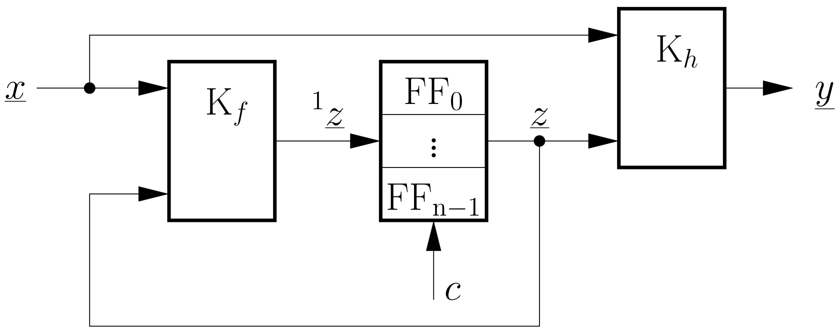
Automaten

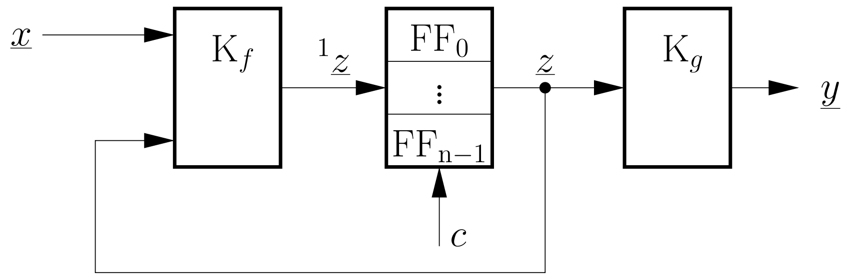
Untersuchen Sie die folgende sequentielle Schaltung:

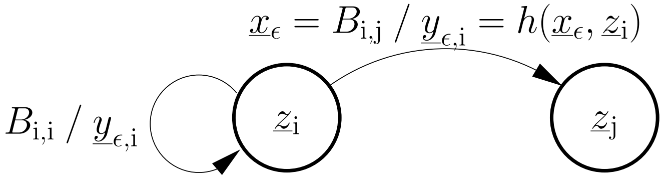
	0	1	2	3	
	0	0	1	1	x_1
$\underline{z}_\mu$	0	1	0	1	x_0
0	0/0	0/0	3/1	1/1	
1	2/1	2/1	1/1	1/1	
2	2/1	2/1	1/1	1/1	
3	1/0	1/0	2/0	3/1	

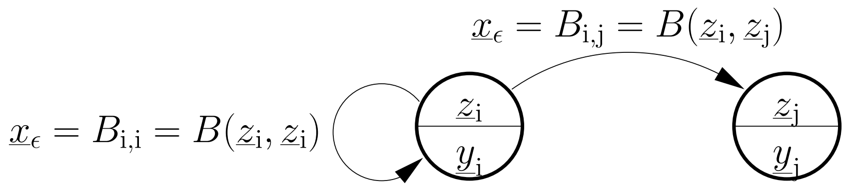
1. Wandeln Sie den gegebenen *Mealy*-Automaten in den entsprechenden *Moore*-Automaten um und zeichnen Sie beide Automatengraphen.
2. Realisieren Sie den *Mealy*-Automaten mit JK-MS-FF.
3. Beschreiben Sie diesen Automaten mit Hilfe eines BDD.

1. Umwandlung *Mealy* $\rightarrow$ *Moore*:







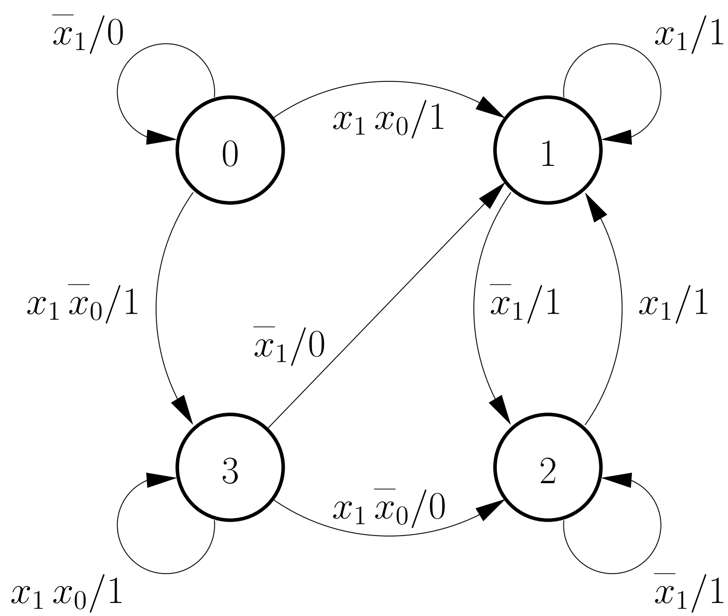


Mealy-Automatengraph zeichnen:

	0	1	2	3	
	0	0	1	1	x_1
$\underline{z}_\mu$	0	1	0	1	x_0
0	0/0	0/0	3/1	1/1	
1	2/1	2/1	1/1	1/1	
2	2/1	2/1	1/1	1/1	
3	1/0	1/0	2/0	3/1	

?

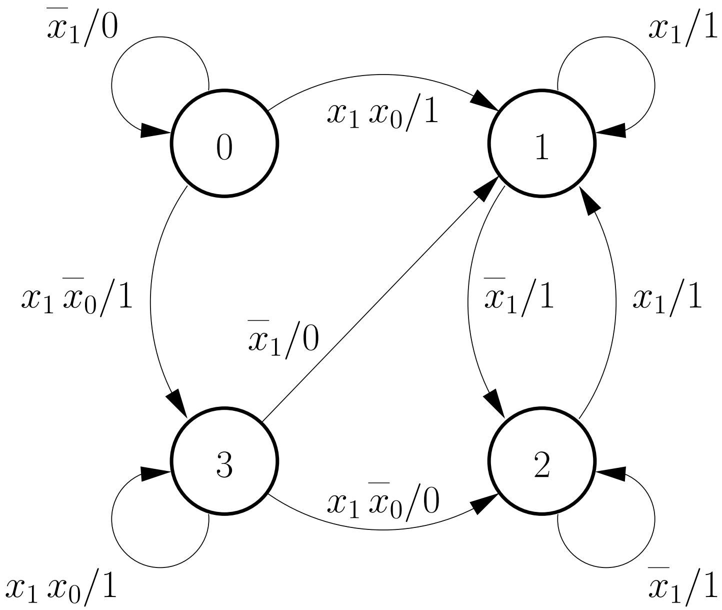
Umwandlung in einen *Moore*-Automatengraphen:



- Ermittlung aller Knoten, deren ankommende Kanten unterschiedliche Ausgabeforderungen enthalten.
- In alle nicht selektierten Knoten wird der Ausgabewert eingetragen, der an den *hin*führenden Kanten steht. Die selektierten Knoten werden verdoppelt, jeweils einer mit Ausgabe „0“ und einer mit „1“.
- Bei den duplizierten Zuständen werden die wegführenden Kanten ebenfalls dupliziert, die hinführenden dagegen entsprechend ihrer Ausgabeforderungen einem der beiden Knoten zugeteilt.

Umwandlung in einen *Moore*-Automatengraphen:

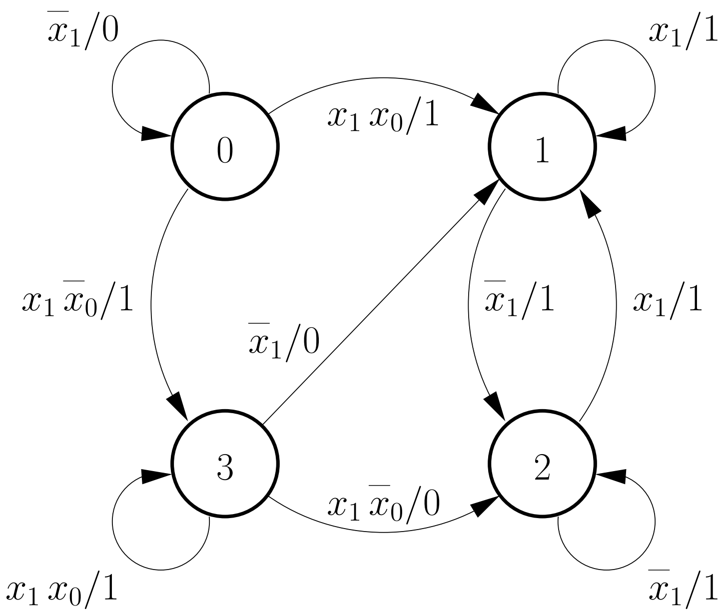
Mealy



Moore

?

2. Realisierung des *Mealy*-Automaten, Automatentabelle:



	Eingangsvariable					Folge-Zustand	
ϵ, μ	x_1	x_0	z_1	z_0	y	${}^1z_1$	${}^1z_0$
0	0	0	0	0	?	?	?
1	0	0	0	1	?	?	?
2	0	0	1	0	?	?	?
3	0	0	1	1	?	?	?
4	0	1	0	0	?	?	?
5	0	1	0	1	?	?	?
6	0	1	1	0	?	?	?
7	0	1	1	1	?	?	?
8	1	0	0	0	?	?	?
9	1	0	0	1	?	?	?
10	1	0	1	0	?	?	?
11	1	0	1	1	?	?	?
12	1	1	0	0	?	?	?
13	1	1	0	1	?	?	?
14	1	1	1	0	?	?	?
15	1	1	1	1	?	?	?

Realisierung des *Mealy*-Automaten mit JK-MS-FF:

	Eingangsvariable					Folge-Zustand		erforderliche Ansteuersignale			
ϵ, μ	x_1	x_0	z_1	z_0	y	${}^1z_1$	${}^1z_0$	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	0	0	0	0	?	?	?	?
1	0	0	0	1	1	1	0	?	?	?	?
2	0	0	1	0	1	1	0	?	?	?	?
3	0	0	1	1	0	0	1	?	?	?	?
4	0	1	0	0	0	0	0	?	?	?	?
5	0	1	0	1	1	1	0	?	?	?	?
6	0	1	1	0	1	1	0	?	?	?	?
7	0	1	1	1	0	0	1	?	?	?	?
8	1	0	0	0	1	1	1	?	?	?	?
9	1	0	0	1	1	0	1	?	?	?	?
10	1	0	1	0	1	0	1	?	?	?	?
11	1	0	1	1	0	1	0	?	?	?	?
12	1	1	0	0	1	0	1	?	?	?	?
13	1	1	0	1	1	0	1	?	?	?	?
14	1	1	1	0	1	0	1	?	?	?	?
15	1	1	1	1	1	1	1	?	?	?	?

Q	${}^1Q$	J	K	
0	0	0	d	rücksetzen oder halten
0	1	1	d	setzen oder toggeln
1	0	d	1	rücksetzen oder toggeln
1	1	d	0	setzen oder halten

Realisierung des *Mealy*-Automaten mit JK-MS-FF:

J_1 :

		z_0	z_0, x_0	x_0
	$0_{\,0}$	$1_{\,1}$	$1_{\,5}$	$0_{\,4}$
z_1	$d_{\,2}$	$d_{\,3}$	$d_{\,7}$	$d_{\,6}$
z_1, x_1	$d_{\,10}$	$d_{\,11}$	$d_{\,15}$	$d_{\,14}$
x_1	$1_{\,8}$	$0_{\,9}$	$0_{\,13}$	$0_{\,12}$

$J_1 = ?$

K_1 :

		z_0	z_0, x_0	x_0
	$d_{\,0}$	$d_{\,1}$	$d_{\,5}$	$d_{\,4}$
z_1	$0_{\,2}$	$1_{\,3}$	$1_{\,7}$	$0_{\,6}$
z_1, x_1	$1_{\,10}$	$0_{\,11}$	$0_{\,15}$	$1_{\,14}$
x_1	$d_{\,8}$	$d_{\,9}$	$d_{\,13}$	$d_{\,12}$

$K_1 = ?$

J_0 :

		z_0	z_0, x_0	x_0
	$0_{\,0}$	$d_{\,1}$	$d_{\,5}$	$0_{\,4}$
z_1	$0_{\,2}$	$d_{\,3}$	$d_{\,7}$	$0_{\,6}$
z_1, x_1	$1_{\,10}$	$d_{\,11}$	$d_{\,15}$	$1_{\,14}$
x_1	$1_{\,8}$	$d_{\,9}$	$d_{\,13}$	$1_{\,12}$

$J_0 = ?$

K_0 :

		z_0	z_0, x_0	x_0
	$d_{\,0}$	$1_{\,1}$	$1_{\,5}$	$d_{\,4}$
z_1	$d_{\,2}$	$0_{\,3}$	$0_{\,7}$	$d_{\,6}$
z_1, x_1	$d_{\,10}$	$1_{\,11}$	$0_{\,15}$	$d_{\,14}$
x_1	$d_{\,8}$	$0_{\,9}$	$0_{\,13}$	$d_{\,12}$

$K_0 = ?$

y :

		z_0	z_0, x_0	x_0
	$0_{\,0}$	$1_{\,1}$	$1_{\,5}$	$0_{\,4}$
z_1	$1_{\,2}$	$0_{\,3}$	$0_{\,7}$	$1_{\,6}$
z_1, x_1	$1_{\,10}$	$0_{\,11}$	$1_{\,15}$	$1_{\,14}$
x_1	$1_{\,8}$	$1_{\,9}$	$1_{\,13}$	$1_{\,12}$

$y = ?$

3. Beschreibung des Automaten mit ROBDD:

Automaten werden durch ihre Zustandsüberführungs- und Ausgabefunktionen $f(\underline{x}, \underline{z})$ und $g(\underline{z})$ bzw. $h(\underline{x}, \underline{z})$ eindeutig bestimmt, die jeweils als BDD dargestellt werden können.

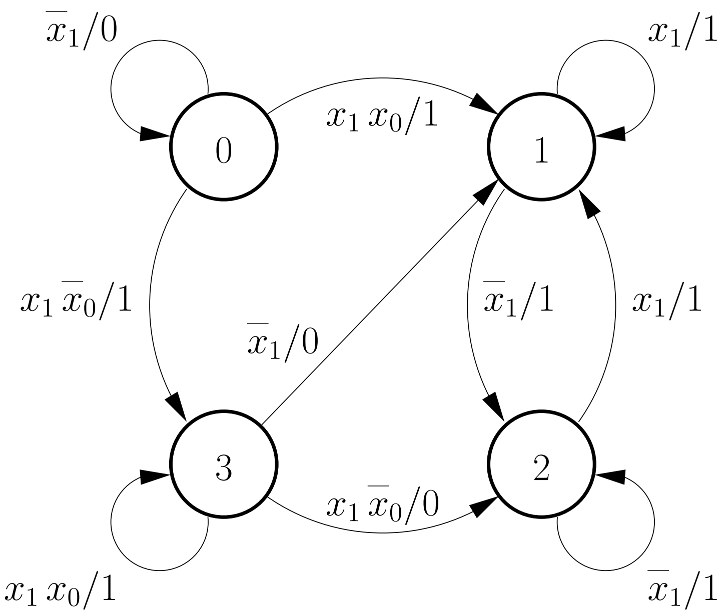
Alternativ können Automaten durch ihre charakteristische Funktion (Delta-Funktion) $\delta(\underline{x}, \underline{z}, {}^{1}\underline{z})$ beschrieben werden. Es gilt

$$\delta(\underline{x}_\epsilon, \underline{z}_\mu, {}^{1}\underline{z}_\nu) = 1,$$

wenn bei der Eingangsbelegung $\underline{x}_\epsilon$ der Zustandswechsel $\underline{z}_\mu \rightarrow {}^{1}\underline{z}_\nu$ stattfindet.

Bestimmung der charakteristischen Funktion des *Mealy*-Automaten:

Die DNF-Form der Delta-Funktion kann aus dem Automatengraphen ausgelesen werden:
Jede abgehende Kante entspricht einem Term.



$$\delta = \overline{x_1}\ \underbrace{\overline{z_1}\,\overline{z_0}}_{0}\ \underbrace{\overline{{}^1z_1}\,\overline{{}^1z_0}}_{0} + x_1\,\overline{x_0}\ \underbrace{\overline{z_1}\,\overline{z_0}}_{0}\ \underbrace{{}^1z_1\,{}^1z_0}_{3} + x_1\,x_0\ \underbrace{\overline{z_1}\,\overline{z_0}}_{0}\ \underbrace{\overline{{}^1z_1}\,{}^1z_0}_{1} + \\ + \ldots$$

Zustandsüberführungsfunktion des *Mealy*-Automaten:

	Eingangsvariable					Folge-Zustand	
ϵ, μ	x_1	x_0	z_1	z_0	y	${}^1z_1$	${}^1z_0$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0
2	0	0	1	0	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	1	0
6	0	1	1	0	1	1	0
7	0	1	1	1	0	0	1
8	1	0	0	0	1	1	1
9	1	0	0	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	0	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1
13	1	1	0	1	1	0	1
14	1	1	1	0	1	0	1
15	1	1	1	1	1	1	1

${}^1z_1$:

			x_0	x_0
		z_0	z_0	
	?$_0$	?$_1$	?$_5$	?$_4$
z_1	?$_2$	?$_3$	?$_7$	?$_6$
z_1, x_1	?$_{10}$	?$_{11}$	?$_{15}$	?$_{14}$
x_1	?$_8$	?$_9$	?$_{13}$	?$_{12}$

${}^1z_0$:

			x_0	x_0
		z_0	z_0	
	?$_0$	?$_1$	?$_5$	?$_4$
z_1	?$_2$	?$_3$	?$_7$	?$_6$
z_1, x_1	?$_{10}$	?$_{11}$	?$_{15}$	?$_{14}$
x_1	?$_8$	?$_9$	?$_{13}$	?$_{12}$

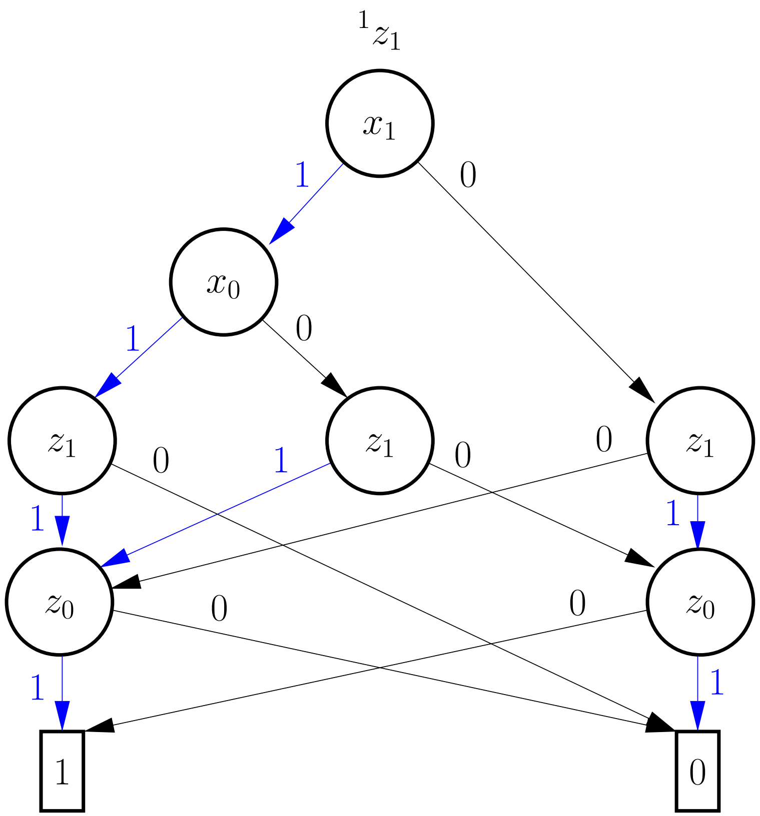
$${}^1z_1 = ?$$

$${}^1z_0 = ?$$

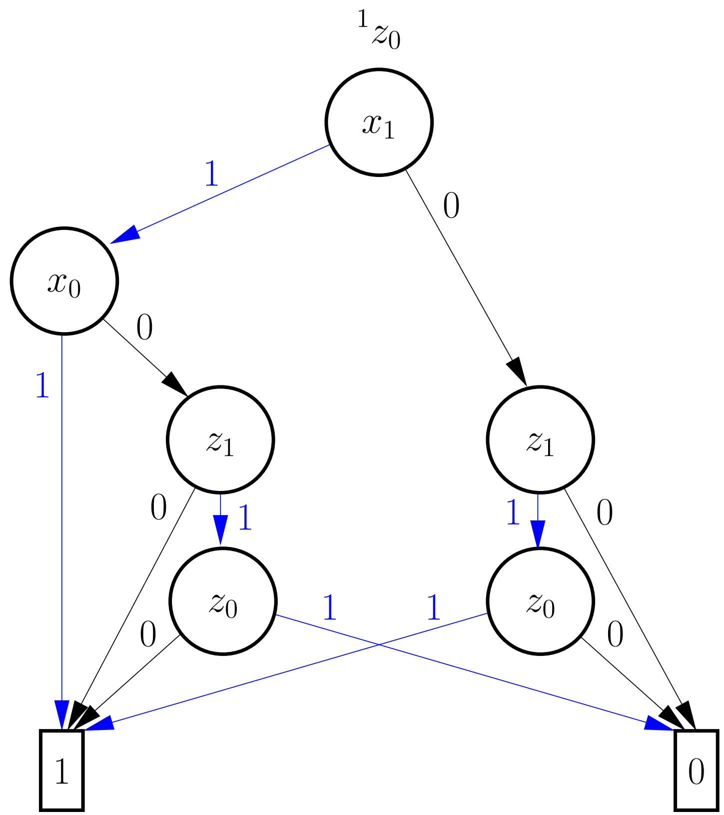
Repräsentation der Zustandsüberführungsfunktion mit Hilfe von ROBDDs:

Ordnung (Reihenfolge): x_1 — x_0 — z_1 — z_0

$${}^1z_1 = \overline{x_1}\,\overline{z_1}\,z_0 + \overline{x_1}\,z_1\,\overline{z_0} + x_1\,\overline{x_0}\,\overline{z_1}\,\overline{z_0} + x_1\,z_1\,z_0$$



$${}^1z_0 = \overline{x_1}\,z_1\,z_0 + x_1\,\overline{z_1} + x_1\,\overline{z_0} + x_1\,x_0$$



Verzeichnis der Präsentationen