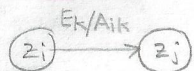


2.5. Digitale Automaten

Mealy-Automat



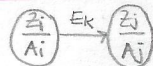
Automatentabelle
(Zustandsübergangstabelle)

z_1	z_0	E	1z_1	1z_0	A
0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1

Mealy-Automatentabelle

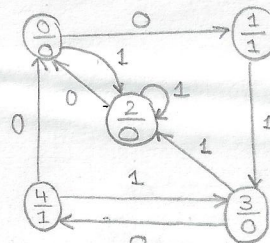
z	E	0	1
0	1/1	2/0	
1	1/1	3/0	
2	0/0	3/0	
3	2/1	3/0	

Moore-Automat



Moore-Automatentabelle

z	0	1	A
0	1	2	0
1	1	3	1
2	0	2	0
3	4	2	3
4	0	3	1

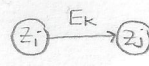


$$Z = \{0, 1, 2, 3, 4\}$$

$$E = \{0, 1\}$$

$$A = \{0, 1\}$$

Medwedew-Automat



1. Flip-Flop (FF), Bistabile Trigger

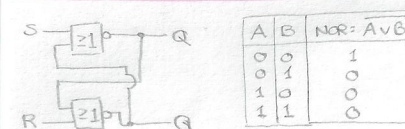
1.1. Einteilung der Flip-Flops

Mit Ausnahme des ungetakteten RS-FF sind alle bistabilen Kippstufen takt-gesteuert.

Flankengesteuerte / zustandsgesteuerte Flip-Flops sind getaktete Flip-Flops, die in Abhängigkeit von den vorbereiteten Eingängen mit der positiven bzw. negativen Flanke / Zustand des Taktes gesetzt oder zurückgesetzt werden.

1.2. Basic RS-FF

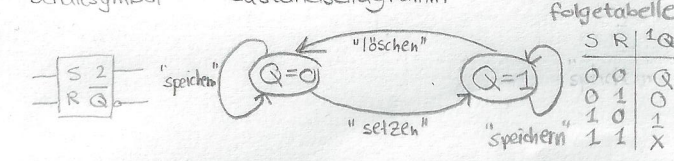
1.2.1 RS-FF in NOR-Realisierung



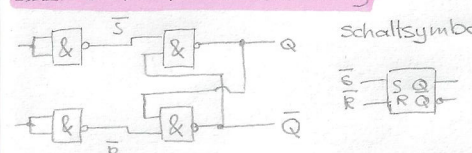
Schallsymbol

Zustandsdiagramm

Zustands-folgetabelle

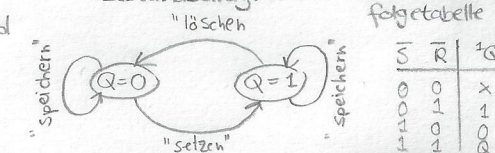


1.2.2. RS-FF in NAND-Realisierung

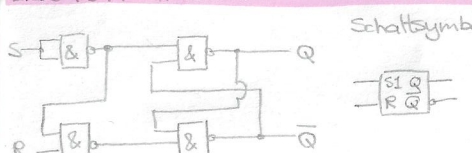


Zustandsdiagramm

Zustands-folgetabelle



1.2.3 RS-FF mit besonderem Schaltverhalten



Zustandstabelle

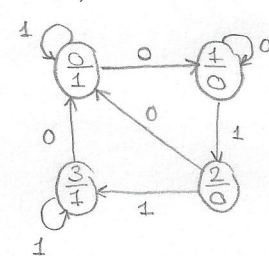
S	R	S'	R'
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

1.2.4 RS-FF beim prellfreien Schalter

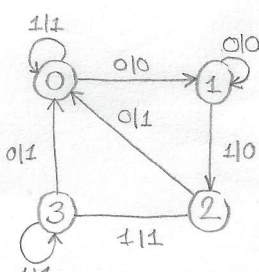


Umwandlung Moore-Automat \rightarrow Mealy-Automat

$$A = F(z) \quad A = F(E, z)$$

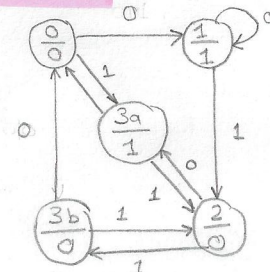
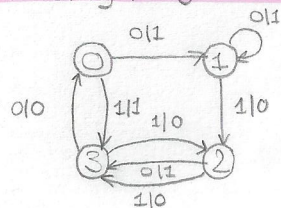


Moore



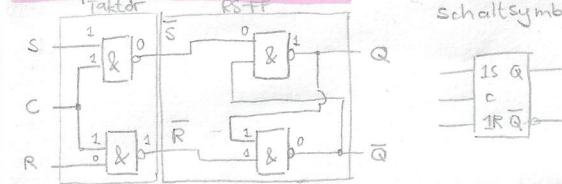
Mealy

Umwandlung Mealy-Automat \rightarrow Moore-Automat

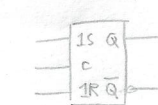


1.3. Flip-Flop mit Taktsteuerung

1.3.1 Taktzustands gesteuerter RS-FF (Änderung nur synchron)

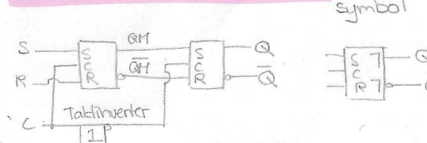


Schallsymbol

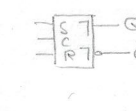


1.3.2 Taktzustands gesteuerte Zweispacer-FF (Master-Slave-FF)

1.3.2.1 RS-Master-Slave-FF



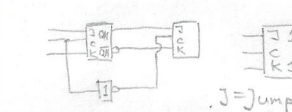
Symbol



7 rechtwinkliger Haken:
Auswertung des Eingangs-
prezess verzögert sich nach
Ablauf eines Taktzyklus
am Ausgang.

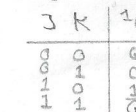
1.3.2.2 JK-Flip-Flop (JK-FF)

Blockschaltbild



J=Jump K=Kill

Symbol



Zustands-folgetabelle

J	K	1Q
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}

Charakt. Gl.

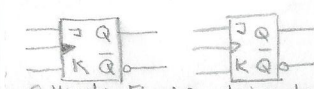
$$^1Q = J\bar{Q} + KQ$$

Q-Synthese-tabelle

Q	1Q	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

1.3.3 Taktflankengesteuerte Flip-Flop

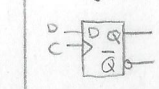
JK-FF



fallende Flanke steigende Flanke

D-FF
Symbol

(Ableitung von flankenge-
steuertem JK-FF)



C	D	1Q
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

1.4. Dynamisches Verhalten

Propagation Delay Time [Signallaufzeit]

Gratierlaufzeit: baulich bedingt

Set-Up-Time

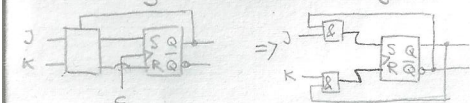
Das Eingangssignal darf sich von der aktiven Schaltflanke des Taktsignals für eine definierte Mindestdauer t_s nicht ändern!

Hold-Time

Der Logikzustand am Eingang darf sich nach der aktiven Schaltflanke des Taktsignals für eine definierte Mindestdauer t_h ebenfalls nicht ändern!

1.5. Konvertierung von Flip-Flops

Konvertierung eines RS-FF in ein JK-FF



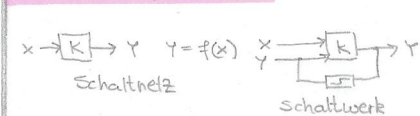
1.6. T-FF

Zu Zusammenfassung der FF's

RS-FF	RS-FF	D-FF

2. Sequentielle Schaltungen, Schaltwerke, Automaten

2.1. Schaltnetz, Schaltwerk



2.2. Zähler

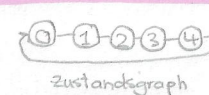
- Umwandlung einer Anzahl von Zählimpulsen in einen vorgegebenen Code
- Erzeugung spezieller Zählfolgen
- Generierung von Zeitverzögerungen von vorgegebener Dauer

2.2.1 Entwurf synchroner Zähler

Synchron:

- gemeinsames Taktsignal
- Zähler sind einfach aufgebaut, leicht erweiterbar
- keine Laufzeitprobleme

2.2.1.1. Mod-5-Vorwärtszähler mit RS-FF

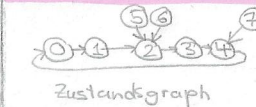


Zustandstabelle

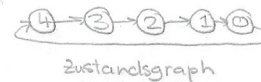
Zählerstand Dez.	Y_2	Y_1	Y_0	U
0	0	0	0	
1	0	0	1	
2	0	1	0	
3	0	1	1	
4	1	0	0	1

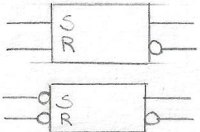


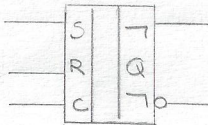
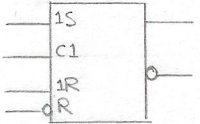
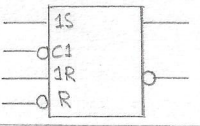

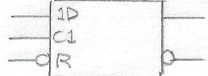
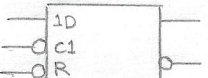
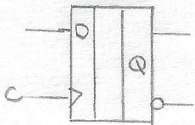
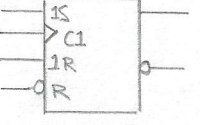
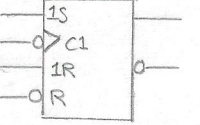
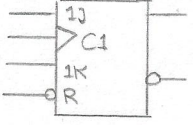
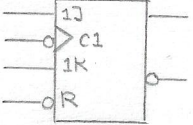
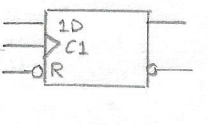
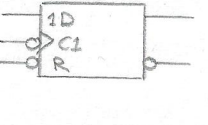
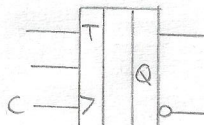
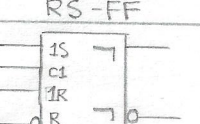
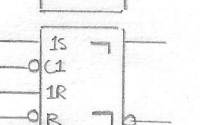
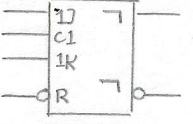
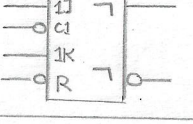
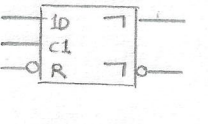
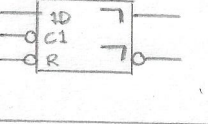
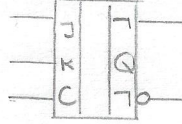
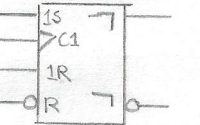
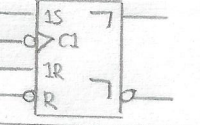
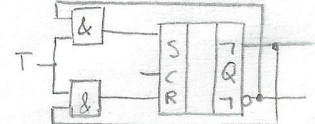
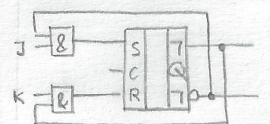
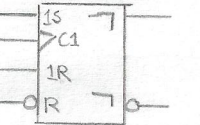
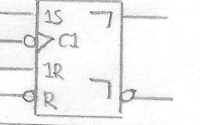
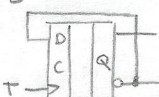
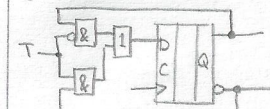
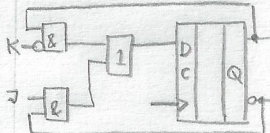
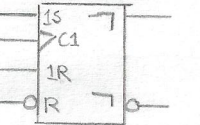
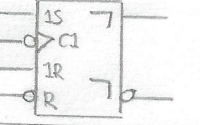
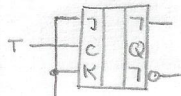
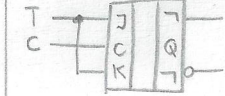

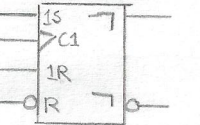
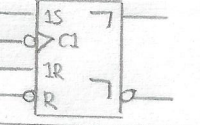
Beim Zählerhöchststand
← "Übertauf"

2.2.1.2. Mod-5-Vorwärtszähler mit D-FF



2.2.1.3. Mod-5-Rückwärtszähler mit JK-FF



Zusammenfassung der FFs				FF-Typ	Schaltbild (Beispiele)	reduzierte Wahrheitstabelle	Schaltfunktion (charakteristische Gleichung)																												
FF ohne Taktsteuerung		 (Schwingt!)	 (Leitende Verbindung!)	RS		<table><tr><th>Q</th><th>\bar{Q}</th><th>S</th><th>R</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>x</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>x</td><td>0</td></tr></table>	Q	\bar{Q}	S	R	0	0	0	x	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	x	0	${}^1Q = S + \bar{R}Q$ $R \cdot S = 0$								
Q	\bar{Q}	S	R																																
0	0	0	x																																
0	1	1	0																																
1	0	0	1																																
1	1	x	0																																
Einzustands-gesteuerte FF	 	 (Schwingt!)	 	D		<table><tr><th>Q</th><th>\bar{Q}</th><th>D</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	Q	\bar{Q}	D	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	${}^1Q = D$													
Q	\bar{Q}	D																																	
0	0	0																																	
0	1	1																																	
1	0	0																																	
1	1	1																																	
Einflanken-gesteuerte FF	 	 	 	T		<table><tr><th>Q</th><th>\bar{Q}</th><th>T</th><th>C</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>x</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>x</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>x</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>x</td><td>0</td></tr></table>	Q	\bar{Q}	T	C	0	0	0	x	0	0	x	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	x	1	1	x	0	${}^1Q = \bar{C}Q + \bar{T}Q + TC\bar{Q}$
Q	\bar{Q}	T	C																																
0	0	0	x																																
0	0	x	0																																
0	1	1	1																																
1	0	1	1																																
1	1	0	x																																
1	1	x	0																																
Zweizustands-gesteuerte FF	 	 	 	JK		<table><tr><th>Q</th><th>\bar{Q}</th><th>J</th><th>K</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>x</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>x</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>x</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>x</td><td>0</td></tr></table>	Q	\bar{Q}	J	K	0	0	0	x	0	1	1	x	1	0	x	1	1	1	x	0	${}^1Q = J\bar{Q} + \bar{K}Q$								
Q	\bar{Q}	J	K																																
0	0	0	x																																
0	1	1	x																																
1	0	x	1																																
1	1	x	0																																
Zweiflanken-gesteuerte FF	 			RS-FF																															
	 			D-FF	ungetaktet 	getaktet 																													
	 			JK-FF	ungetaktet 	getaktet 																													
	 																																		

Automaten-Tabelle

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		

z	x1	x2		
z/x	x1	x2	x1	x2
1	7	6	1	0
2	7	3	1	1
3	8	2	1	0
4	5	2	1	0
5	8	7	1	1
6	5	3	1	1
7	8	5	1	1
8	7	1	1	0

z1
z2
z3
z4
z5
z6
z7
z8

Verträglichkeitstabelle

z2	X						
z3	7/6 8/2	X					
z4	7/6 5/2	X	8/2 5/2				
z5	X	7/3 8/7	X	X			
z6	X	7/3 5/3	X	X	3/7 5/3		
z7	X	7/3 8/5	X	X	8/7 8/5	5/3 8/5	
z8	7/6 7/1	X	8/2 7/1	5/2 7/1	X	X	X
	z1	z2	z3	z4	z5	z6	z7

- ① A = "10" : z1, z3, z4, z8
A = "11" : z2, z5, z6, z7

②

z	x1	x2
1	7	6
3	8	2
	1	2

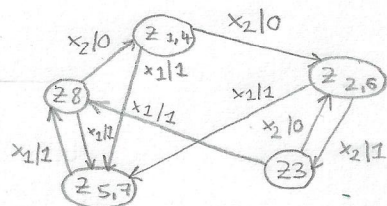
- ④ äquivalent
z1 und z4
z2 und z6
z5 und z7

③

z	x1
1	7
3	8

z7 + z8 \Rightarrow z3

⑤ Vereinigungsgraph



† Synthesetabelle + Zustandstabelle

† KV-Diagramme