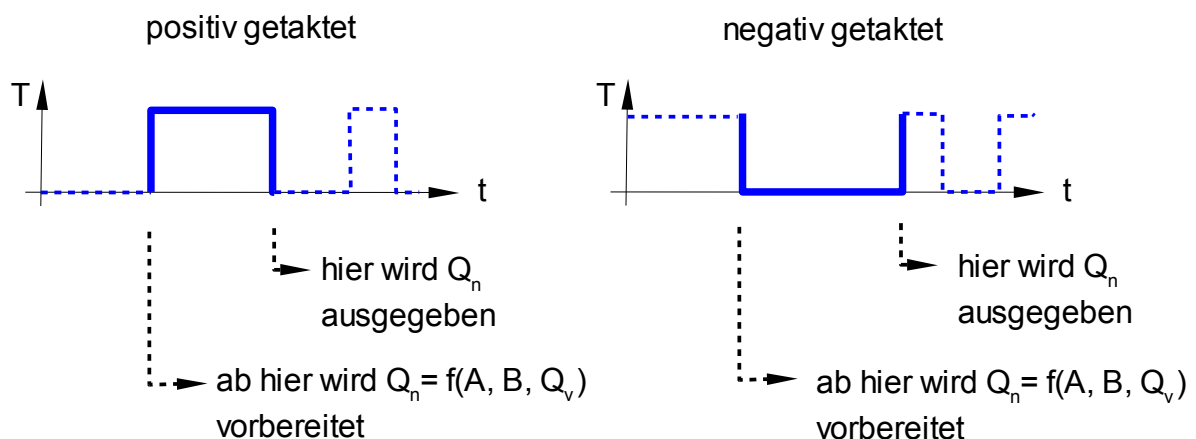


## Hinweise zu DT:

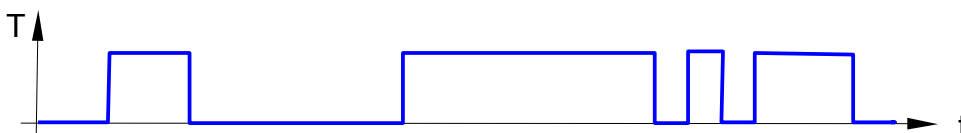
### Verhalten von Anordnungen mit getakteten Master-Slave-FlipFlops, Schaltfolgetabellen und Impulsdiagramme

Für getaktete MS-FlipFlops, egal ob über einen zentralen Takt oder über Ausgänge anderer FlipFlops gesteuert, gelten für positive Logik („0“ → niedriges Spannungspotenzial, „1“ → hohes Spannungspotenzial) folgende Vereinbarungen:

- Ein Taktimpuls T erstreckt sich
  - bei positiv getakteten FFs von der positiven bis zur negativen Taktflanke. Der neue Ausgangszustand  $Q_n$  wird während der Taktimpulsdauer durch die Variablen A, B und  $Q_v$  (= Zustand vorher) vorbereitet und bei der negativen Flanke auf den Ausgang geschaltet.
  - bei negativ getakteten FFs von der negativen bis zur positiven Taktflanke. Veränderungen des Ausgangs Q treten nur während dieses Zeitraumes auf. Der neue Ausgangszustand  $Q = Q_n$  wird während der Taktimpulsdauer durch die Variablen A, B und  $Q_v$  (= Zustand vorher) vorbereitet und bei der positiven Flanke auf den Ausgang geschaltet.



- Die Taktimpulse können beliebig lang sein, sofern die internen Schaltzeiten eingehalten werden. Insbesondere müssen sie nicht gleichlang sein.



- Innerhalb des Zeitbereichs eines Taktimpulses können sich die beiden Eingangsvariablen A und B beliebig oft ändern, die Ausgänge Q und  $\bar{Q}$  nehmen aber nur genau einmal einen neuen Zustand an. Dieser ist immer komplementär, d. h.  $Q \neq \bar{Q}$ .
- Der neue Zustand  $Q_n$  kann je nach Zustand der Variablen A, B,  $Q_v$  und des FF-Typs

gleich wie  $Q_v$  oder entgegengesetzt zu  $Q_v$  sein.

- Die Eingangsvariablen A und B können sich unabhängig vom Taktimpuls beliebig oft ändern, jedoch gilt für  $Q_n = f(A, B, Q_v)$  :
  - Bei **positiver Taktzustandssteuerung**:  $Q_n$  wird von  $Q_v$  sowie dem Zustand von A und B **kurz vor** der negativen Flanke des Taktimpulses bestimmt.
  - Bei **negativer Taktzustandssteuerung**:  $Q_n$  wird von  $Q_v$  sowie dem Zustand von A und B **kurz vor** der positiven Flanke des Taktimpulses bestimmt.
  - Bei **positiver Taktflankensteuerung**:  $Q_n$  wird von  $Q_v$  sowie dem Zustand der von A und B **während** der positiven Flanke des Taktimpulses bestimmt.
  - Bei **negativer Taktflankensteuerung**:  $Q_n$  wird von  $Q_v$  sowie dem Zustand von A und B **während** der negativen Flanke des Taktimpulses bestimmt.

Taktflankensteuerung ist daher im Allgemeinen weniger anfällig gegen zufällige Störimpulse als Taktzustandssteuerung.

Zähl- und Frequenzteiler-Schaltungen werden - abgesehen von direkt wirkenden Setz- oder Rücksetzeingängen – im Allgemeinen nur mit einem externen Eingangssignal, dem Takt T gesteuert. Deshalb gilt hier:

- Alle Eingangssignale A, B sind
  - entweder konstant auf „0“ oder „1“ gesetzt ,
  - oder Verknüpfungen anderer Ausgänge Q oder  $\bar{Q}$  .
- Alle Takteingänge werden
  - entweder vom externen Takt T
  - oder von den Ausgängen Q oder  $\bar{Q}$  der anderen FFs gesteuert.
- Die Eingangssignale A, B , die sich aus Verknüpfungen anderer Ausgangssignale ergeben, wirken erst ab dem nächsten Taktimpuls.
- Alle Signale ändern sich
  - bei positiver externer Taktung T nur an den negativen Flanken von T,
  - bei negativer externer Taktung T nur an den positiven Flanken von T.

Mit diesen Überlegungen lassen sich nun systematisch in Teilschritten die Schaltfolgetabellen beliebiger FF-Anordnungen aufbauen. Die Taktimpulse beginnen dabei mit 0 und nummerieren die Tabellenzeilen durch. Für jedes Flipflop setzt man 4 Spalten für A, B, Q und  $\bar{Q}$  an.

Als Beispiel kann die Anordnung des 5:1-Teilers auf Seite 10-9 des Skriptes dienen. Die Schaltfolgetabelle hat hier  $1+3\cdot 4=13$  Spalten, zunächst werden nur 3 Zeilen angesetzt:

C	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	Q <sub>n1</sub>	$\bar{Q}_{n1}$	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>n2</sub>	$\bar{Q}_{n2}$	J <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	Q <sub>n3</sub>	$\bar{Q}_{n3}$
=	=			=					=			
T	$\bar{Q}_{n3}$			C <sub>2</sub>					Q <sub>n2</sub>			
0												
1												
2												

### Schritt 1:

Festlegung des Ausgangszustands Q für jedes FlipFlop, im Allgemeinen wird dieser „0“ sein:

C = T	J <sub>1</sub> = $\overline{Q_{n3}}$	K <sub>1</sub>	Q <sub>n1</sub>	$\overline{Q_{n1}}$ = C <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>n2</sub>	$\overline{Q_{n2}}$	J <sub>3</sub> = Q <sub>n2</sub>	K <sub>3</sub>	Q <sub>n3</sub>	$\overline{Q_{n3}}$
0			0				0				0	
1												
2												

### Schritt 2:

Eintragen der konstanten Größen und der negierten Ausgänge:

C = T	J <sub>1</sub> = $\overline{Q_{n3}}$	K <sub>1</sub>	Q <sub>n1</sub>	$\overline{Q_{n1}}$ = C <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>n2</sub>	$\overline{Q_{n2}}$	J <sub>3</sub> = Q <sub>n2</sub>	K <sub>3</sub>	Q <sub>n3</sub>	$\overline{Q_{n3}}$
0		1	0	1	1	1	0	1		1	0	1
1		1			1	1				1		
2		1			1	1				1		

### Schritt 3:

Ergänzen der in der Zeile des Taktimpulses 0 noch nicht belegten Eingänge aus den im Schaltbild ersichtlichen Abhängigkeiten:

C = T	J <sub>1</sub> = $\overline{Q_{n3}}$	K <sub>1</sub>	Q <sub>n1</sub>	$\overline{Q_{n1}}$ = C <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>n2</sub>	$\overline{Q_{n2}}$	J <sub>3</sub> = Q <sub>n2</sub>	K <sub>3</sub>	Q <sub>n3</sub>	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1		1			1	1				1		
2		1			1	1				1		

**Hinweis:** Die Zustände Q<sub>n1</sub>, Q<sub>n2</sub> und Q<sub>n3</sub> bei T = 0 kann man sich durch direkt wirkendes Rücksetzen beim Einschalten entstanden denken → Q<sub>v</sub> dann irrelevant.

### Schritt 4:

Bestimmen der Ausgangszustände für Taktimpuls 1. An den FFs stehen hierfür die im Takt 0 gebildeten Werte an, der Zustand Q<sub>v</sub> für Taktimpuls 1 ist der Zustand Q<sub>n</sub> aus Takt 0:

C = T	J <sub>1</sub> = $\overline{Q_{n3}}$	K <sub>1</sub>	Q <sub>n1</sub>	$\overline{Q_{n1}}$ = C <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>n2</sub>	$\overline{Q_{n2}}$	J <sub>3</sub> = Q <sub>n2</sub>	K <sub>3</sub>	Q <sub>n3</sub>	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1		1	1	0	1	1	1	0		1	0	1
2		1			1	1				1		

wegen 1/0-Flanke

**Hinweis:**  $Q_{n2}$  wechselt hier, weil  $J_2 = 1$  und  $K_2 = 1$  und der Takteingang eine negative Flanke aufweist.

**Schritt 5:**

Ergänzen der in der Zeile des Taktimpulses 1 noch nicht belegten Eingänge aus den im Schaltbild ersichtlichen Abhängigkeiten:

C	$J_1$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}}$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
=	=			=					=			
T	$\overline{Q_{n3}}$			$C_2$					$Q_{n2}$			
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2		1			1	1				1		

**Schritt 6:**

Bestimmen der Ausgangszustände für Taktimpuls 2. An den FFs stehen hierfür die im Takt 1 gebildeten Werte an, der Zustand  $Q_v$  für Taktimpuls 2 ist der Zustand  $Q_n$  aus Takt 1:

C	$J_1$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}}$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
=	=			=					=			
T	$\overline{Q_{n3}}$			$C_2$					$Q_{n2}$			
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2		1	0	1	1	1	1	0		1	1	0

keine Änderung, da keine 1/0-Taktflanke

**Schritt 7:**

Ergänzen der in der Zeile des Taktimpulses 2 noch nicht belegten Eingänge aus den im Schaltbild ersichtlichen Abhängigkeiten:

C	$J_1$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}}$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
=	=			=					=			
T	$\overline{Q_{n3}}$			$C_2$					$Q_{n2}$			
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0

Die weiteren Schritte wiederholen sich und ergeben nacheinander die Taktzeilen 3, 4 und 5. Weitere Zeilen sind nicht erforderlich, da die Werte in Taktzeile 5 dieselben sind wie in Taktzeile 0 und damit alles von vorn beginnt – ähnlich wie bei der Modulo-Rechnung (siehe weiter unten):

C = T	$J_1 = \overline{Q_{n3}}$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}} = C_2$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3 = Q_{n2}$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
3	<b>1</b>	1	<b>0</b>	1	1	1	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	1	<b>0</b>	<b>1</b>

C = T	$J_1 = \overline{Q_{n3}}$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}} = C_2$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3 = Q_{n2}$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
3	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
4	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	1	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

C = T	$J_1 = \overline{Q_{n3}}$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}} = C_2$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3 = Q_{n2}$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
3	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
4	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
5	<b>1</b>	1	<b>0</b>	<b>1</b>	1	1	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	1	<b>0</b>	<b>1</b>

Damit bleibt:

C = T	$J_1 = \overline{Q_{n3}}$	$K_1$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}} = C_2$	$J_2$	$K_2$	$Q_{n2}$	$\overline{Q_{n2}}$	$J_3 = Q_{n2}$	$K_3$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
3	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
4	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
5	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1

In dieser Tabelle

- sind die Spalten  $K_1$ ,  $J_2$ ,  $K_2$  und  $K_3$  konstant mit 1 vorbelegt,
- und die Spalte  $\overline{Q_{n2}}$  wird nicht benötigt.

Diese Spalten müssen also nicht explizit aufgeführt werden und man erhält die im Skript auf Seite 10-9 angegebene kompakte Darstellung:

C = T	$J_1$ = $\overline{Q_{n3}}$	$Q_{n1}$	$\overline{Q_{n1}}$ = $C_2$	$Q_{n2}$	$J_3$ = $Q_{n2}$	$Q_{n3}$	$\overline{Q_{n3}}$
0	1	0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0	1
2	0	0	1	1	1	1	0
3	1	0	1	1	1	0	1
4	0	1	0	0	0	1	0
5	1	0	1	0	0	0	1

Sicherer ist anfangs aber der gezeigte ausführlichere Weg.

Das **Impulsdiagramm** kann aus der Schaltfolgetabelle unmittelbar abgeleitet werden, in dem man die Werte „0“ und „1“ zeilenweise (= taktweise) in die Zeitdarstellung überträgt. Dies ist im Diagramm auf Seite 10-9 des Skripts durchgeführt worden.

Um zu erkennen, dass es sich bei der Schaltung um einen 5:1-Frequenzteiler handelt, ermittelt man zunächst, bei welchem Takt sich die Zustände von Takt 0 wiederholen. Hier ist dies bei Takt 5 der Fall. Takt 6 ergibt sich daraus wie Takt 1, Takt 7 wie Takt 2 usw.

Danach wählt man dasjenige Ausgangssignal  $Q$  aus, welches innerhalb der ersten Sequenz von 5 externen Takten  $T$  genau eine positive und eine negative Taktflanke aufweist und damit genau einen Taktimpuls  $A$  liefert. Dies trifft für  $Q_2$  zu, für  $Q_1$  und  $Q_3$  dagegen nicht. Damit ist  $A = Q_2$  das gewünscht Ausgangssignal mit dem Teilverhältnis 5:1.