

GTI – ÜBUNG 10

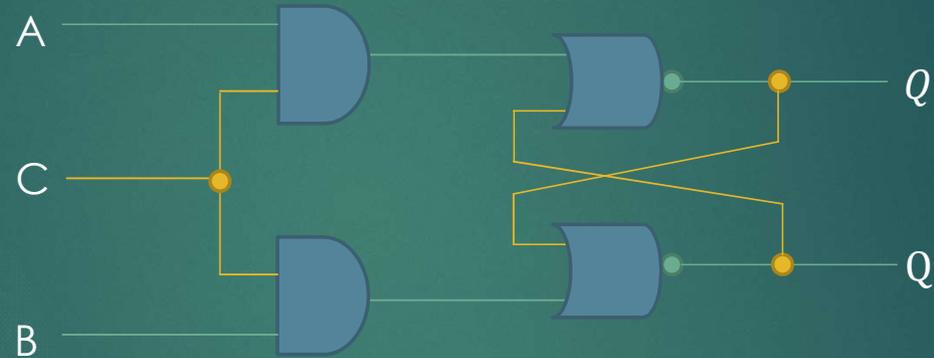
FLIPFLOPS, MULTIPLEXER, BARREL-SHIFTER, JOHNSON

Recap: Letzte Übung



2

- ▶ Erweitern Sie nun die Schaltung dahingehend, dass keine undefinierten Zustände, wie sie in Aufgabe a) der Fall waren, mehr auftreten.

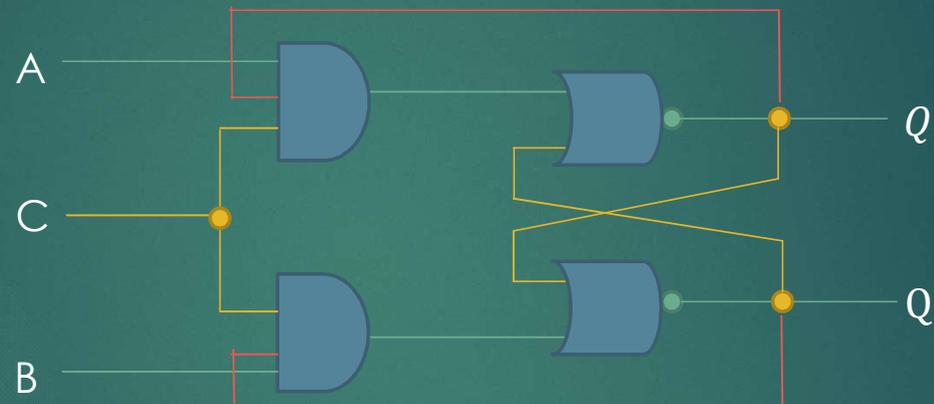


Hinweis: der ungültige Zustand trat bei $A = 1$ und $B = 1$ auf. Wir bauen uns jetzt ein JK-Flipflop

Recap: Letzte Übung



Lösung: Rückleiten der Ausgabe Q/Q' in die Flankensteuerung



Der ungültige Zustand trat bei $A = 1$ und $B = 1$ auf.

Wir sperren nun einen der Eingänge A und B, wenn Q bzw. Q' vorher 0 ist. Dadurch haben wir eine Differenzierung zwischen oben und unten.

Wir umgehen somit gleiche Werte.

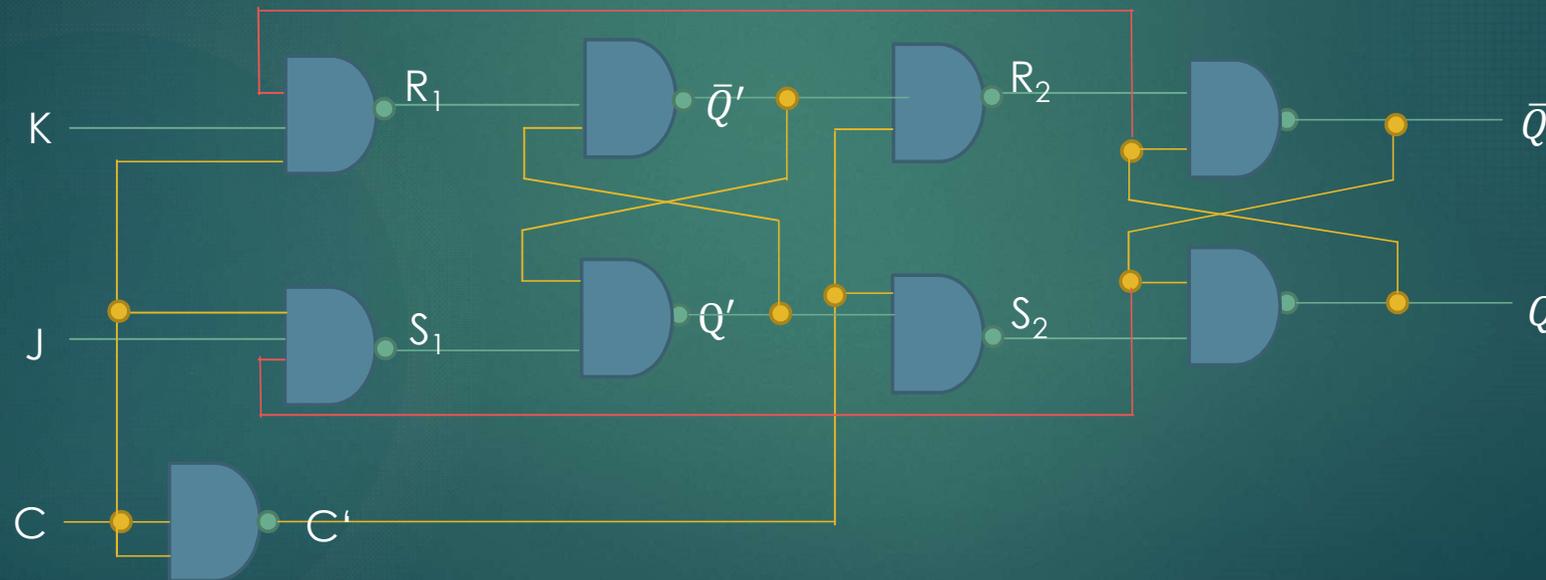
A	B	C	D	Entspricht
0	1	1	0	Reset/Set
0	0	1	0	Keine Änderung
1	1	0	0	Ungültig!
1	0	0	1	Set/Reset
1	1	0	0	Ungültig
0	0	?	?	Oszillation

Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



4

- ▶ Welches Problem pegelgesteuerter JK-Flipflops löst das gegebene JK-Master-Slave-Flipflop?

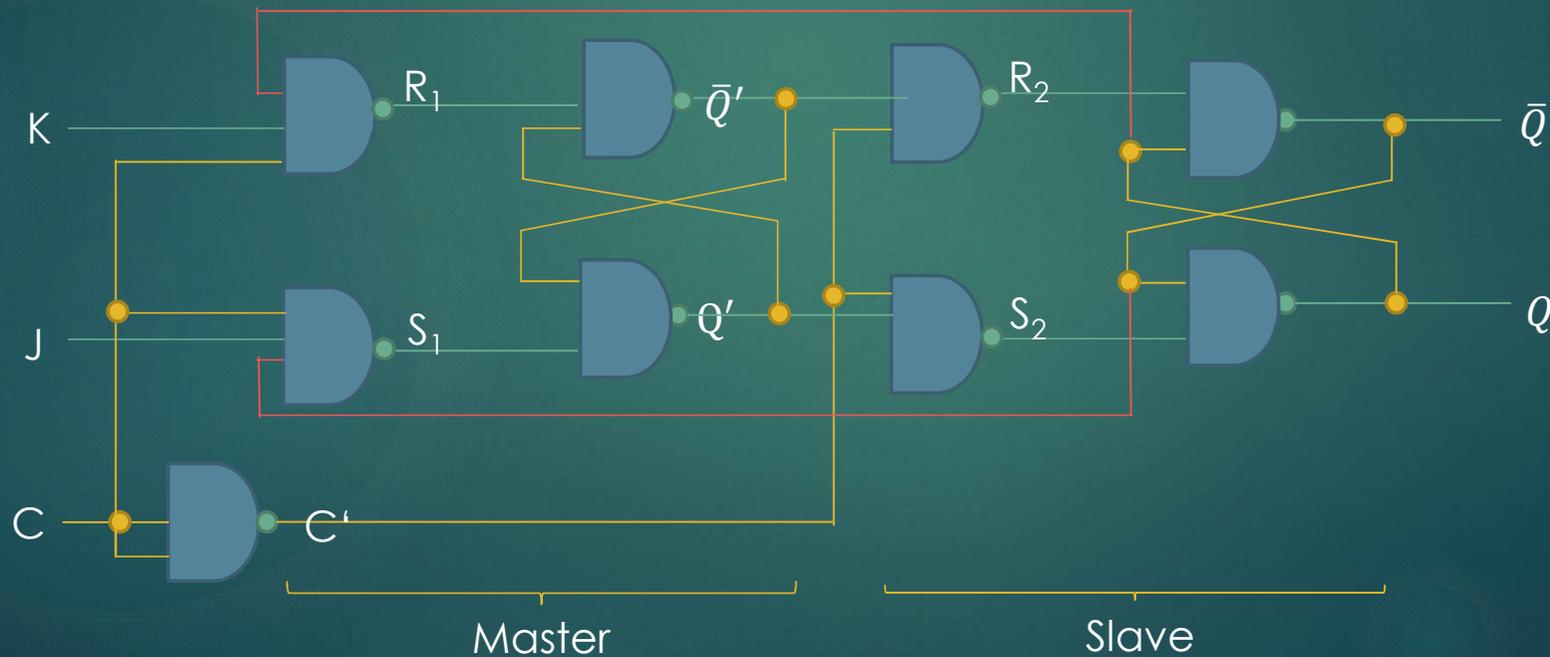


Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



► Master-Slave Flipflop

- Bestehen aus zwei Teilflipflops derselben Gattung (JK, D, RS, ...)
 - **Master:** Zwischenspeicherung des Wertes am Eingang
 - **Slave:** Verzögerte Weiterleitung des Masterwertes an den Ausgang



Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



- ▶ Welches Problem pegelgesteuerter JK-Flipflops löst das gegebene JK-Master-Slave-Flipflop?

Problem: Oszillation bei JK-Flipflops

- ▶ Wenn Laufzeit der Rückkoppelung signifikant kürzer als die Taktperiode
- ▶ Genannt: *Race around condition*

Lösung:

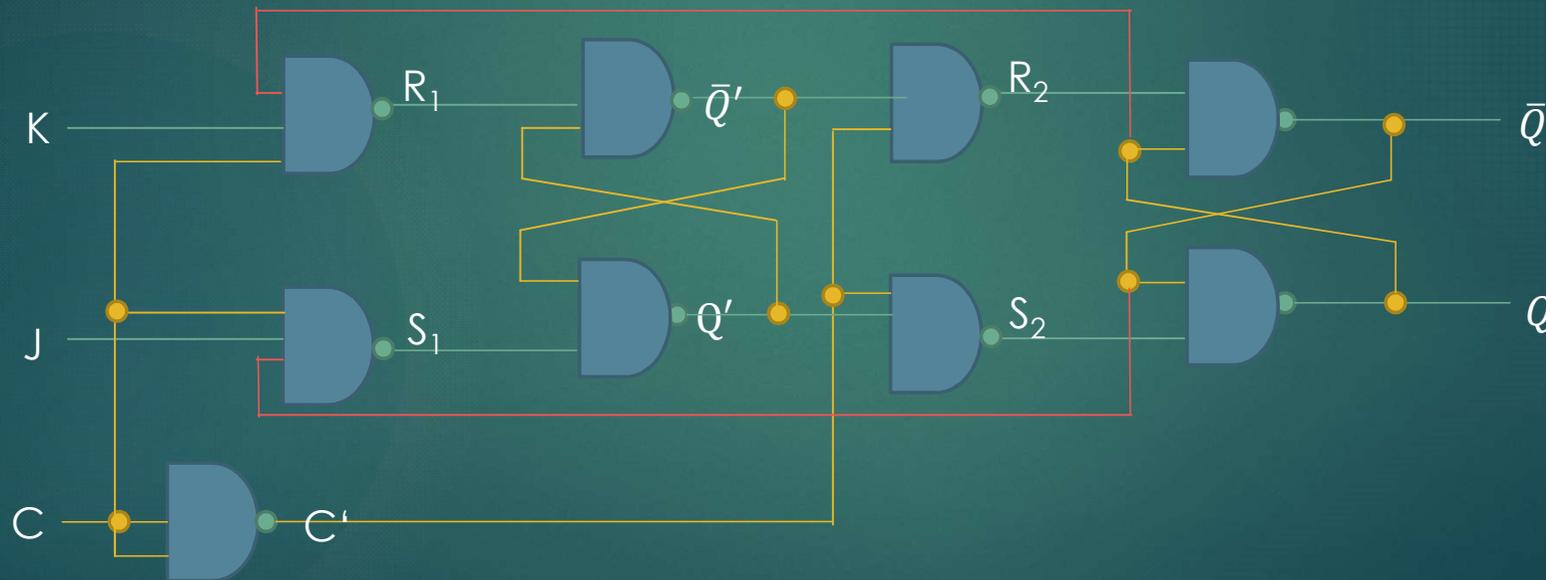
- ▶ JK-Rückkopplung von den Slave-Ausgängen zu den Master-Eingängen J und K
- ▶ Oszillation verhindert, weil der Slave vom Master entkoppelt ist.

Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



7

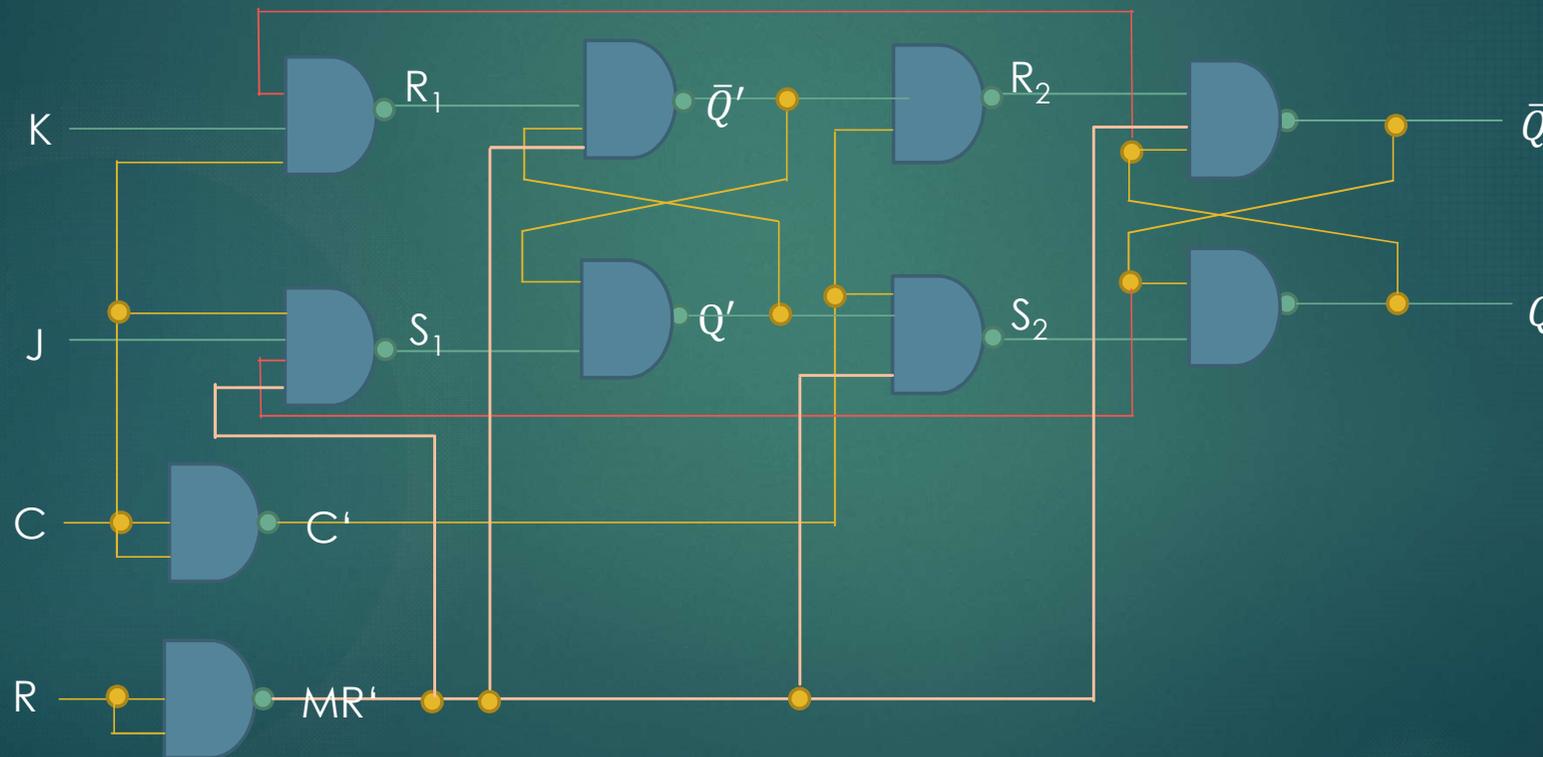
- ▶ Erweitern Sie das gegebene JK-Master-Slave-Flipflop um einen Eingang R (Reset), der – unabhängig von allen anderen Signalen, das Flipflop in den Grundzustand zurücksetzt.



Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



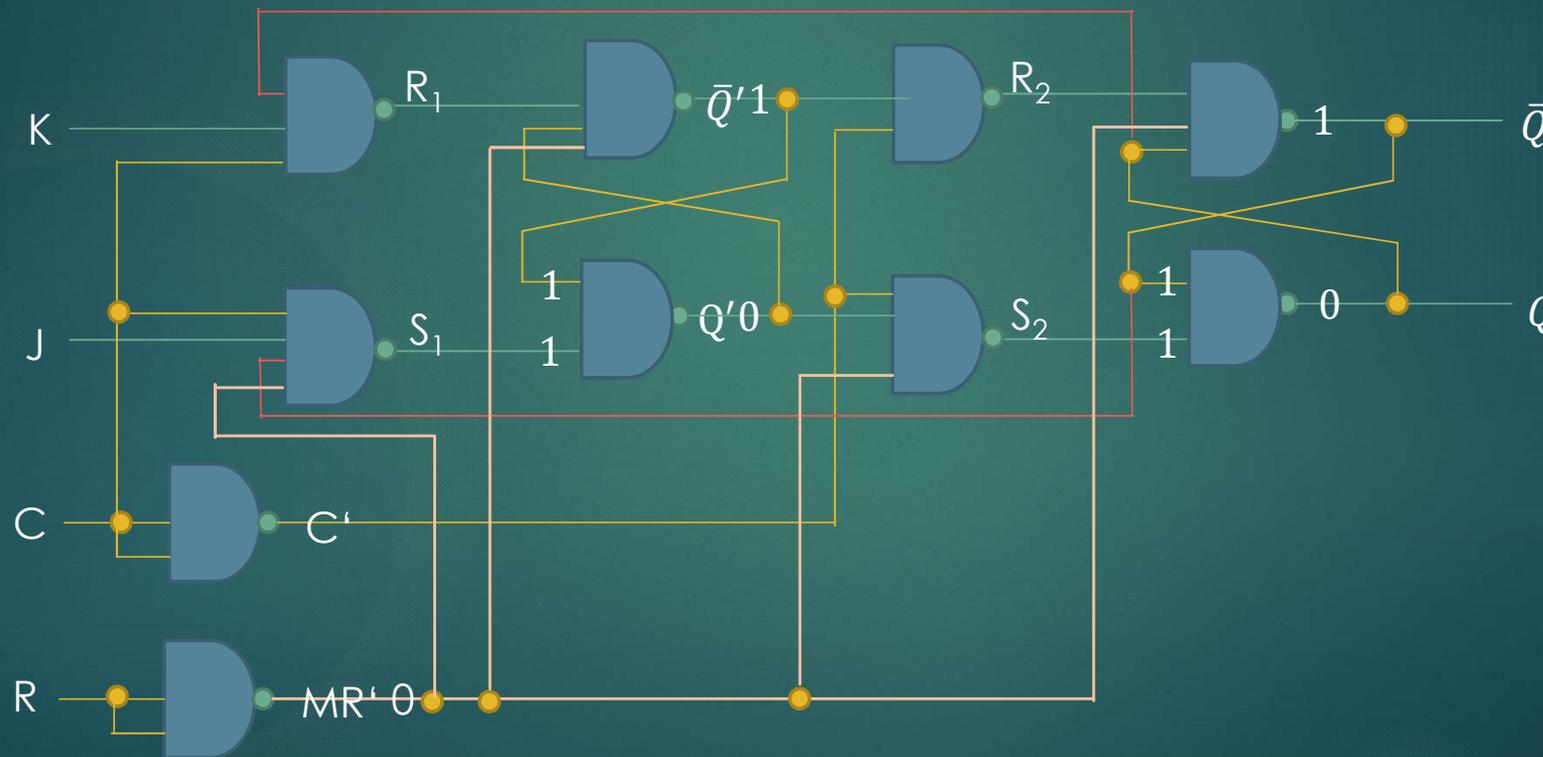
- Wir benötigen einen **asynchronen** Reset-Eingang, Dieser soll sowohl den Master als auch den Slave zurücksetzen



Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



- ▶ Mit einer 1 am Reset, legen wir automatisch eine 1 an \bar{Q}' und \bar{Q} . Durch die 1 von S1 und S2 sind die NANDS vor Q' und Q nicht erfüllt und Q' und Q sind somit 0.



Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



- ▶ Welches Problem ergibt sich für das JK-Master-Slave-Flipflop, wenn sich während der Einsphase des Taktes C die Eingänge J und K ändern? Wie könnte man dieses Problem lösen?

Hinweis: was passiert denn z.B. bei der Belegung $\bar{Q} = 0$ und $Q = 1$

Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



- ▶ Sei die Belegung $\bar{Q} = 0$ und $Q = 1$

Problem:

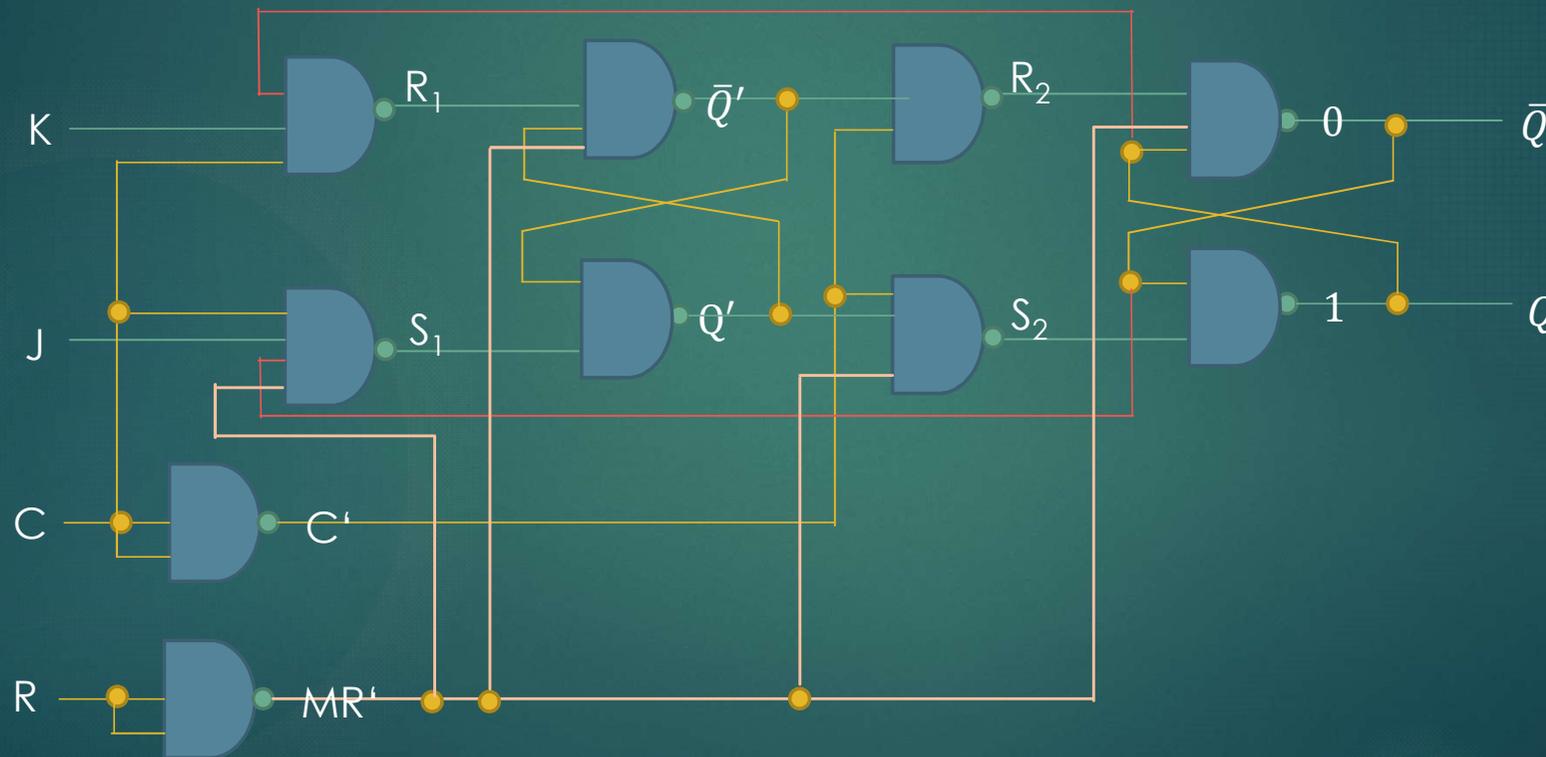
- Der Master kann nun mit $K = 1$ zurückgesetzt werden, solange $C = 1$ ist
- In diesem Zyklus ($C = 1$) verhindert die JK-Verknüpfung, dass der Master wieder gesetzt wird
- Eine negativen Flanke von C setzt den Slave daraufhin zurück

Lösung: z.B. durch eine Flankenerkennung aus Aufgabe b)

Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



- ▶ Sei die Belegung $\bar{Q} = 0$ und $Q = 1$

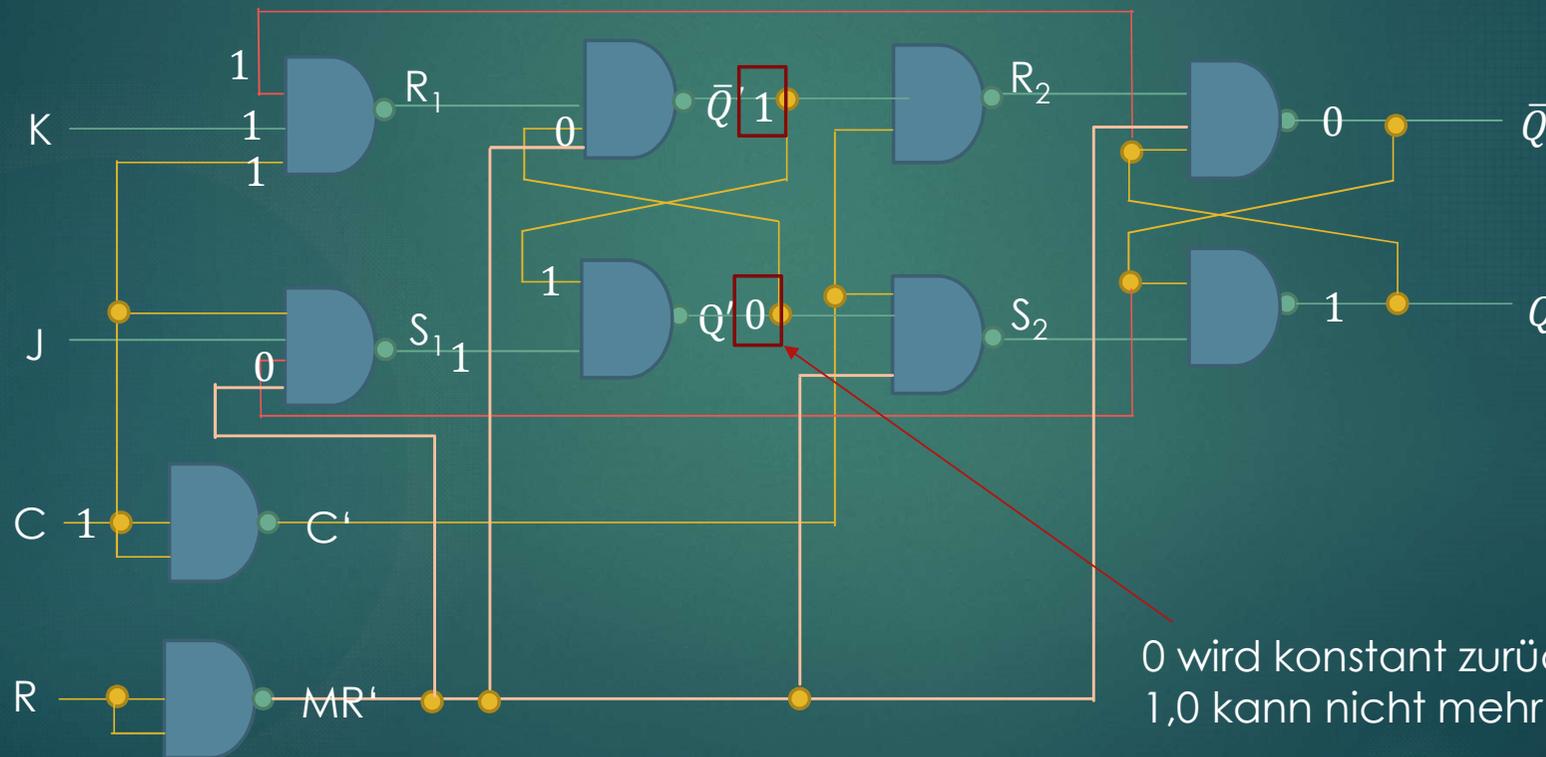


Aufgabe 1 – Master-Slave-Flipflops



14

- In diesem Zyklus ($C = 1$) verhindert die JK-Vergatterung, dass der Master wieder gesetzt wird



0 wird konstant zurückgeleitet
1,0 kann nicht mehr geändert werden

Aufgabe 2 – Multiplexer



Beschreibung

- ▶ Entwerfen Sie eine digitale Schaltung, die bei einer 0 am Steuereingang s den Wert des Eingangs x_0 , bei einer 1 am Steuereingang s den Wert des Eingangs x_1 am Ausgang y erzeugt:

Hinweis: dieses Verhalten beschreibt einen Multiplexer

S	x_0	x_1	Y
0	0	-	0
0	1	-	1
1	-	0	0
1	-	1	1

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: wir bilden einen aussagenlogischen Ausdruck mit der Zielfunktion Y

$$Y = \bar{S}X_0 + SX_1 \quad (\text{Don't Cares werden hier vernachlässigt})$$

Dieser Ausdruck kann wiederum in ein Schaltnetz transferiert werden. Wir benutzen dazu ODER-Gatter, sowie UND-Gatter und Inverter.

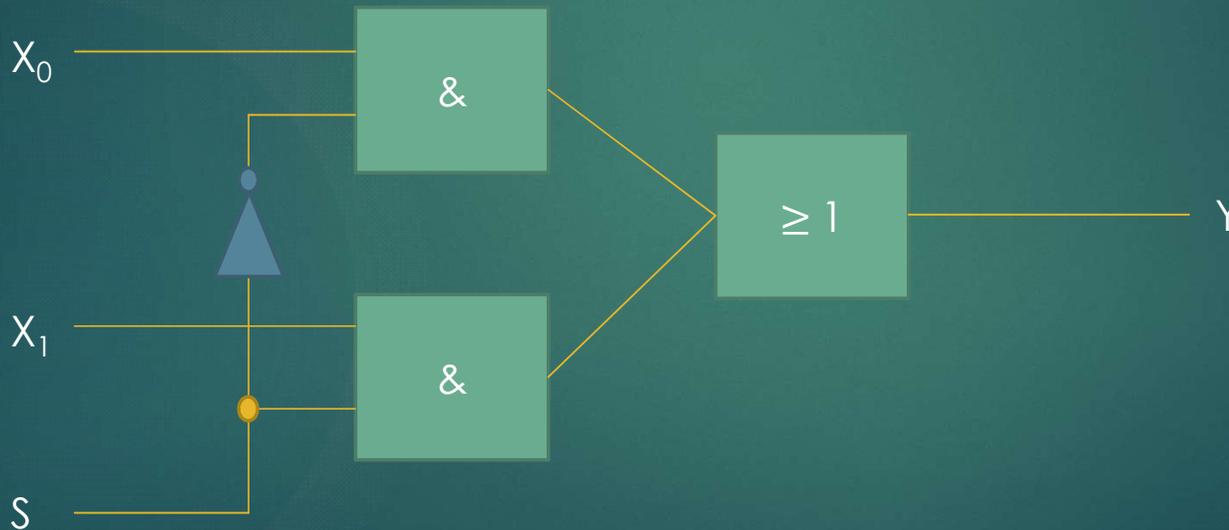
S	X ₀	X ₁	Y
0	0	-	0
0	1	-	1
1	-	0	0
1	-	1	1

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: $Y = \bar{S}X_0 + SX_1$

Dieser Ausdruck kann wiederum in ein Schaltnetz transferiert werden. Wir benutzen dazu ODER-Gatter, sowie UND-Gatter und Inverter. Diese Schaltung ist ein MUX (2:1)



Aufgabe 2 – Multiplexer



Beschreibung

- ▶ Die Schaltung soll nun so erweitert werden, dass wahlweise genau einer von vier Eingängen X_0, \dots, X_3 am Ausgang Y erscheint.
- ▶ Welche Auswirkungen hat dies für den Steuereingang S ?
- ▶ Realisieren Sie die Schaltung unter Verwendung von UND-, ODER-Gattern und Invertern

Hinweis: dieses Verhalten beschreibt einen Multiplexer (4:1). Wir können auch hier wieder das Verfahren von Teilaufgabe a anwenden.

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: wir bilden einen aussagenlogischen Ausdruck mit der Zielfunktion Y.

Wir benötigen diesmal zwei Steuereingänge, da $\text{ld}(\text{Anzahl Variablen}) = \text{ld}(4) = 2$.

Abhängig von der Steuerkombination S_1S_0 schalten wir somit $X_{S_1S_0}$ durch.

Das ergibt folgenden aussagenlogischen Ausdruck:

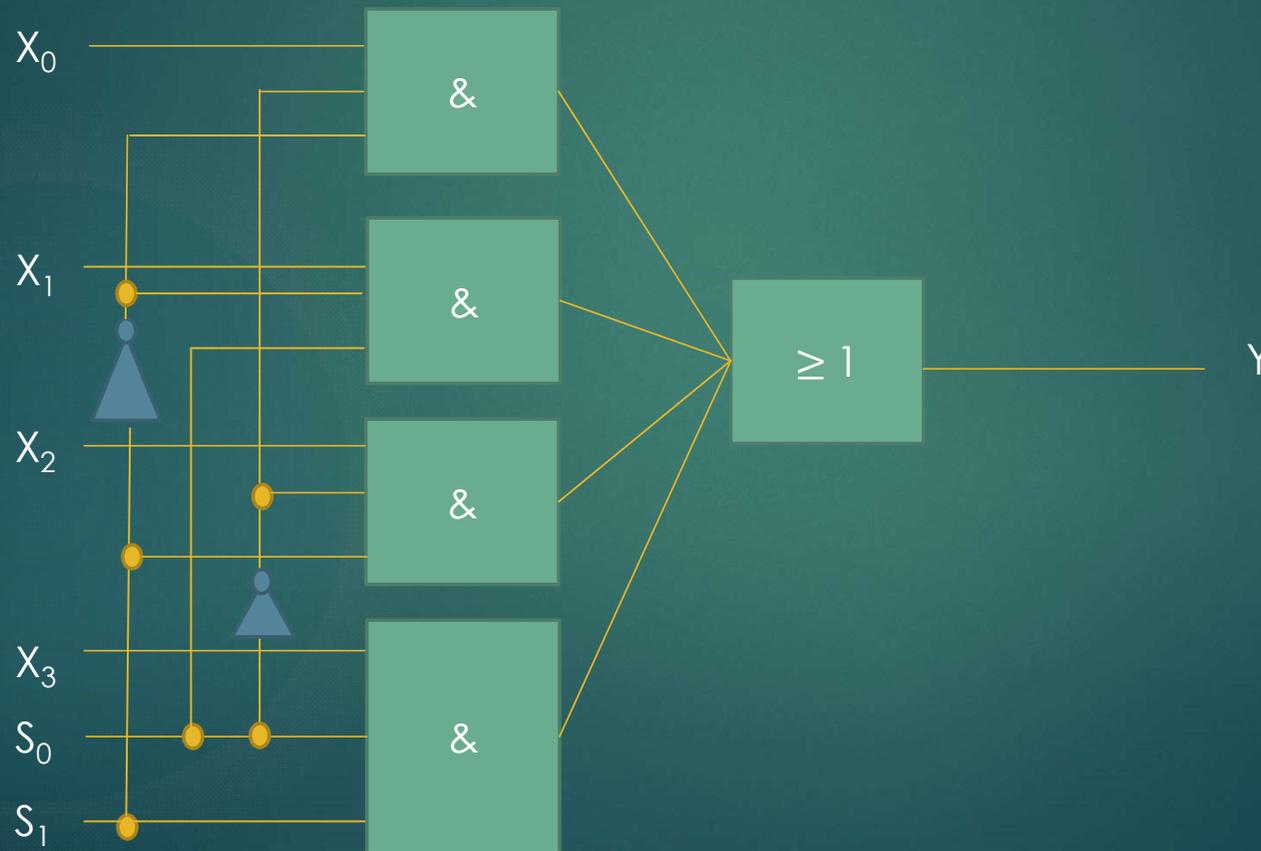
$$Y = \bar{S}_0 \bar{S}_1 X_0 + S_0 \bar{S}_1 X_1 + \bar{S}_0 S_1 X_2 + S_0 S_1 X_3$$

S_1	S_0	X_0	X_1	X_2	X_3	Y
0	0	0	-	-	-	0
0	0	1	-	-	-	1
0	1	-	0	-	-	0
0	1	-	1	-	-	1
1	0	-	-	0	-	0
1	0	-	-	1	-	1
1	1	-	-	-	0	0
1	1	-	-	-	1	1

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: $Y = \bar{S}_0 \bar{S}_1 X_0 + S_0 \bar{S}_1 X_1 + \bar{S}_0 S_1 X_2 + S_0 S_1 X_3$



Aufgabe 2 – Multiplexer



Beschreibung

- ▶ Nun soll eine De-Multiplexer-Schaltung entworfen werden. Sie besitzt einen Eingang X , der in Abhängigkeit des Steuereingangs S den logischen Wert von X an einen der vier Ausgänge Y_0, \dots, Y_3 erzeugt

Hinweis: dieses Verhalten beschreibt einen De-Multiplexer (1:4). Dieser ist partiell invers zum vorherigen (4:1)-Multiplexer.

S	S_1	S_0	X	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3
00	0	0	0/1	0/1	0	0	0
01	0	1	0/1	0	0/1	0	0
10	1	0	0/1	0	0	0/1	0
11	1	1	0/1	0	0	0	0/1

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: wir bilden einen aussagenlogischen Ausdruck für jede Zielfunktion Y_i .

Das ergibt folgende aussagenlogische Ausdrücke:

$$Y_0 = \bar{S}_0 \bar{S}_1 X \quad Y_1 = S_0 \bar{S}_1 X$$

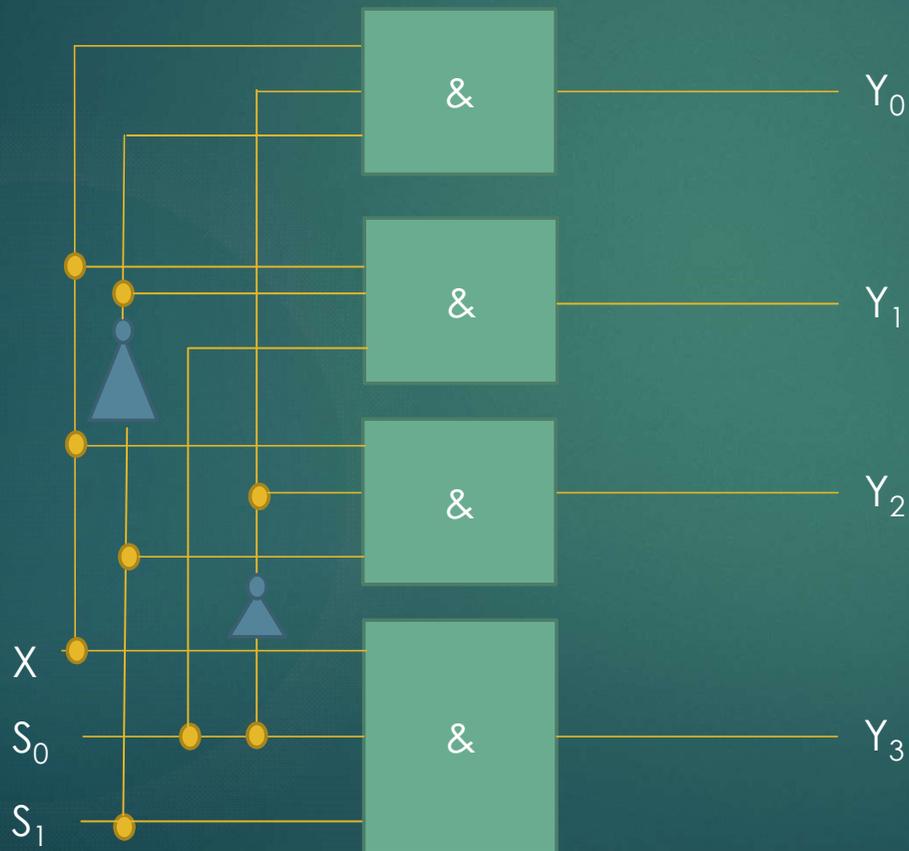
$$Y_2 = \bar{S}_0 S_1 X \quad Y_3 = S_0 S_1 X$$

S	S_1	S_0	X	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3
00	0	0	0/1	0/1	0	0	0
01	0	1	0/1	0	0/1	0	0
10	1	0	0/1	0	0	0/1	0
11	1	1	0/1	0	0	0	0/1

Aufgabe 2 – Multiplexer



Lösung: $Y_0 = \bar{S}_0 \bar{S}_1 X$, $Y_1 = S_0 \bar{S}_1 X$, $Y_2 = \bar{S}_0 S_1 X$, $Y_3 = S_0 S_1 X$



Denkpause mit Platonow



- ▶ Die ersten Takte aus der Baugrube (Normaler Schriftsteller)

An seinem dreißigsten Geburtstag bekam Wortschew die Entlassung aus der kleinen Maschinenfabrik, wo er seinen Lebensunterhalt verdiente. In dem Schriftstück stand, man kündigt ihn wegen zu geringen Arbeitstempos und mangelnder Konzentration.

- ▶ Die ersten Takte aus der Baugrube (Genie Platonow)

Am dreißigsten **Jahrestag seines persönlichen Lebens** gab man Wortschew die Abrechnung von der kleinen Maschinenfabrik, wo er die **Mittel für seine Existenz beschaffte**. Im Entlassungsdokument schrieb man ihm, er werde von der Produktion entfernt infolge **der wachsenden Kraftschwäche** in ihm und **seiner Nachdenklichkeit im allgemeinen Tempo der Arbeit**.

Filmquiz meiner Lieblingsfilme



Filmquiz meiner Lieblingsfilme



2003 – Lost In Translation



2010 – Inception



2014 – Whiplash



1946 – Ist das Leben nicht schön



2014 – Boyhood



1993 – Groundhog Day



1957 – 12 Geschworenen



1960 – Wer die Nachtigall stört

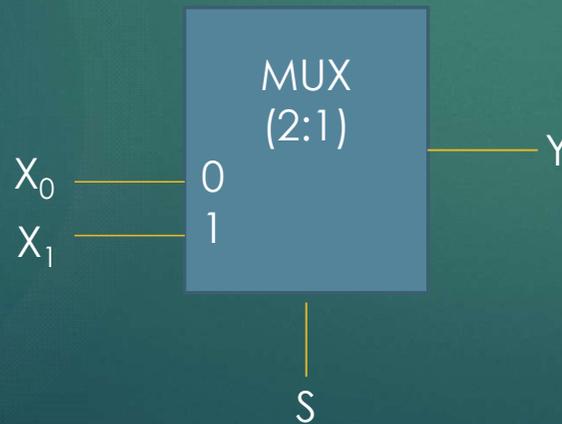


Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



► Beschreibung

In Aufgabe 2 a) wurde ein sogenannter 2:1-Multiplexer entworfen, den man vereinfacht mit folgendem Blockschaltbild darstellen kann. Erstellen Sie nun aus solchen Multiplexern eine Schaltung, die den Eingang $A = (a_3, a_2, a_1, a_0)$ gegenüber den Ausgang $B = (b_3, b_2, b_1, b_0)$ zyklisch um $N = 0, \dots, 3$ Stellen nach links verschiebt.



Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



► Veranschaulichung

Eingang A = (a_3, a_2, a_1, a_0)

Ausgang B = (b_3, b_2, b_1, b_0)

zyklisch um $N = 0, \dots, 3$ Stellen nach links

B	N = 0	N = 1	N = 2	N = 3
b_0	a_0	a_3	a_2	a_1
b_1	a_1	a_0	a_3	a_2
b_2	a_2	a_1	a_0	a_3
b_3	a_3	a_2	a_1	a_0

Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



► Lösungsidee

Ein Multiplexer leitet abhängig von S entweder X_0 oder X_1 weiter.

Bei uns ist S die Binärcodierung von N (n_0, n_1) und X_0 und X_1 entsprechen unseren Eingängen a_1 bis a_3 .

B kann vier verschiedene Varianten von a annehmen. Ein Multiplexer erlaubt die Differenzierung von 2 Eingängen. Wir benötigen also **4 Multiplexer** pro a .

B	N = 0	N = 1	N = 2	N = 3
b_0	a_0	a_3	a_2	a_1
b_1	a_1	a_0	a_3	a_2
b_2	a_2	a_1	a_0	a_3
b_3	a_3	a_2	a_1	a_0

Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



Durch Mehrfachnutzung brauchen wir nicht mehr 4, sondern nur 2 pro b_i .

Wir benötigen dann $4 = 2$ Multiplexer pro a_i . Summa summarum 8 für ganz A .

Wir verschalten die Multiplexer in zwei Stufen, d.h. wir leiten die Ausgabe der ersten Multiplexer-Stufe (eine Stelle nach links verschoben, falls $n_0 = 1$) in den Eingang der zweiten Multiplexer-Stufe (zwei Stellen nach links verschoben, falls $n_1 = 1$).

Erinnerung: $n = n_1n_0 \rightarrow n_12^1 + n_02^0$

Schreiben wir die Tabelle etwas um:

B	n = 00	n = 01	n = 10	n = 11
b_0	a_0	a_3	a_2	a_1
b_1	a_1	a_0	a_3	a_2
b_2	a_2	a_1	a_0	a_3
b_3	a_3	a_2	a_1	a_0

Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



31

Stellen wir die Tabelle als Ausschnitt der zweiten Stufe dar:

B	0 0	0 1	1 0	1 1
b_0	a_0	a_3	a_2	a_1
b_1	a_1	a_0	a_3	a_2
b_2	a_2	a_1	a_0	a_3
b_3	a_3	a_2	a_1	a_0

Schema:	0_0	1_0	0_0	1_0	Index entspricht Stufe
	0_1	(a_0, a_3)	1_1	(a_2, a_1)	b_0
	0_1	(a_1, a_0)	1_1	(a_3, a_2)	b_1
	0_1	(a_2, a_1)	1_1	(a_0, a_3)	b_2
	0_1	(a_3, a_2)	1_1	(a_1, a_0)	b_3

Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



Mittels des Schemas lässt sich die Hierarchizuordnung realisieren:

- Erste Spalte beschreibt die erste Hierarchiestufe
 - Jede Zeile entspricht einem Multiplexer auf jener Höhe
 - (a_0, a_3) bedeutet, im Fall 0 $\rightarrow a_0$ und im Fall 1 $\rightarrow a_3$
- Zweite Spalte beschreibt die zweite Hierarchiestufe
 - Jedes Tupel, z.B. (a_2, a_1) , entspricht einem Multiplexer in der ersten Stufe im Fall 1
 - Im Fall 0 wird der Multiplexer der gleichen Höhe (Zeile) eingeleitet

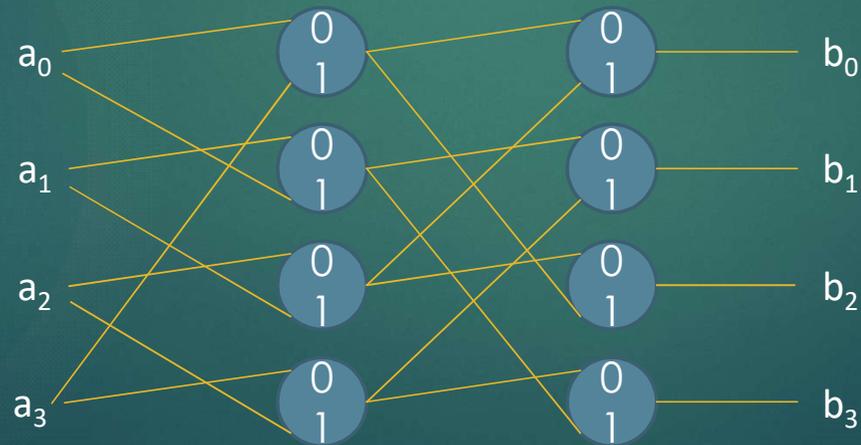
Schema:	0_0 1_0	0_0 1_0	Index entspricht Stufe
	$0_1: (a_0, a_3)$	$1_1: (a_2, a_1)$	b_0
	$0_1: (a_1, a_0)$	$1_1: (a_3, a_2)$	b_1
	$0_1: (a_2, a_1)$	$1_1: (a_0, a_3)$	b_2
	$0_1: (a_3, a_2)$	$1_1: (a_1, a_0)$	b_3

Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



Abbildung:

	0_0	1_0		0_0	1_0	
0_1 :	(a_0, a_3)		1_1 :	(a_2, a_1)		b_0
0_1 :	(a_1, a_0)		1_1 :	(a_3, a_2)		b_1
0_1 :	(a_2, a_1)		1_1 :	(a_0, a_3)		b_2
0_1 :	(a_3, a_2)		1_1 :	(a_1, a_0)		b_3

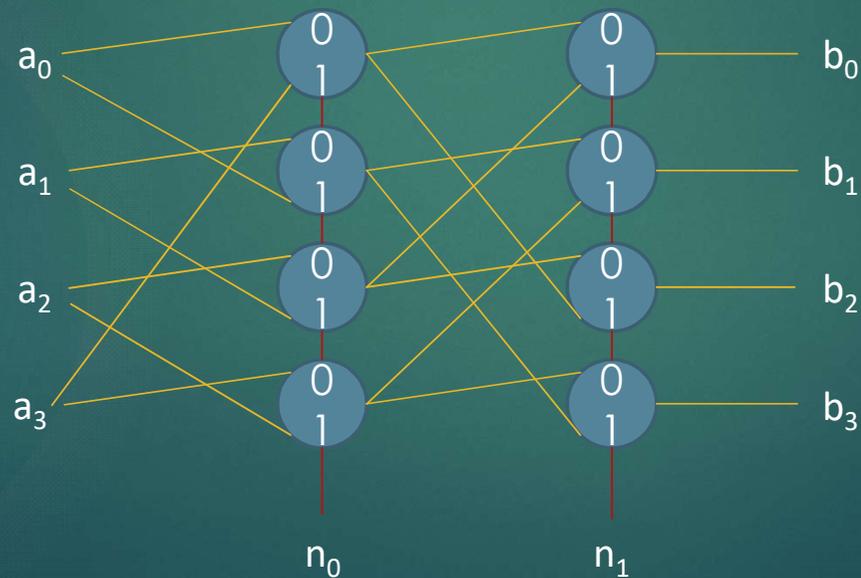


Aufgabe 3 – Barrel-Shifter



Jetzt die Realisierung mit den Steuereingängen n_0 und n_1 :

Erinnerung: erste Hierarchie schiebt eins nach links (falls $n_0 = 1$). Zweite Hierarchie zwei nach links (falls $n_1 = 1$).

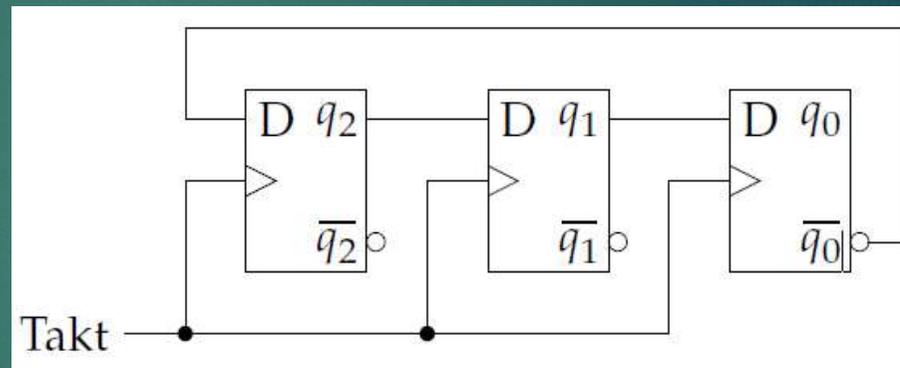
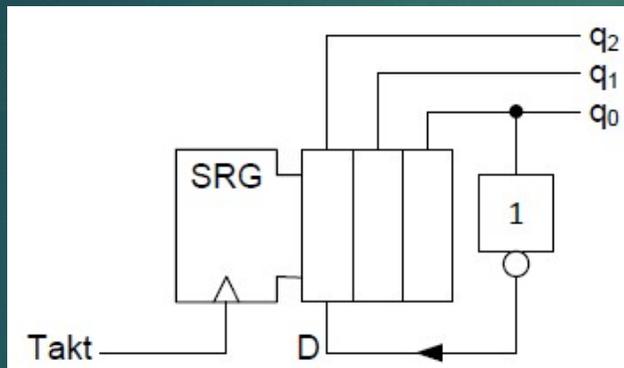


Aufgabe 4 – Schieberegister



35

- ▶ Das Bild zeigt einen sog. Johnson-Zähler, bei dem das invertierte Signal q_0 an den Eingang D angeschlossen wird.



Aufgabe 4 – Schieberegister

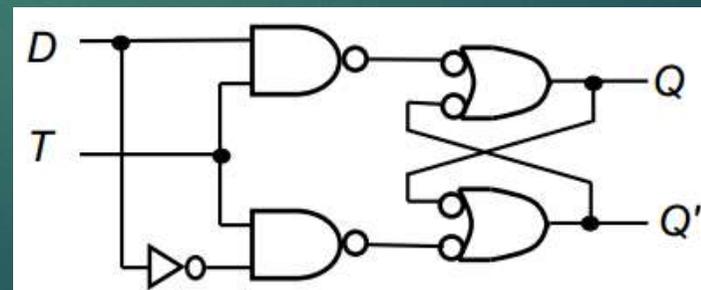


► D-Flipflop

- Eliminiert ungültiges Eingangstupel (1,1)
- Hat folgende charakteristische Tabelle:

T	D	Q(t+1)
1	0	0 (Reset)
1	1	1 (Set)
0	-	Q(t) (kein Wechsel)

- **D (Data):** zu speichernder Wert
- **C/T (Takt):** synchrones Flipflop

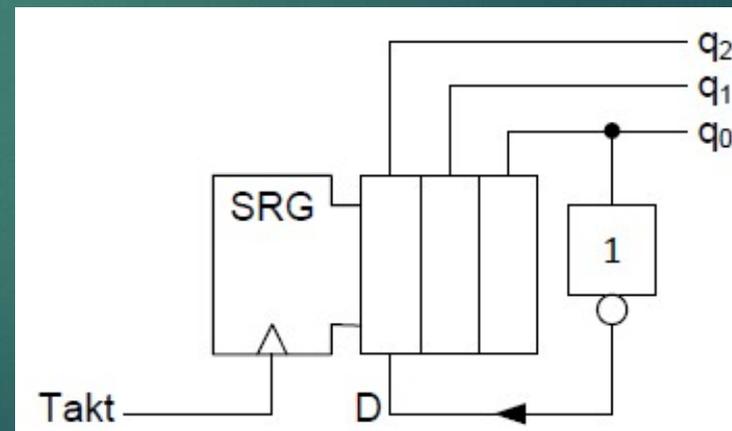
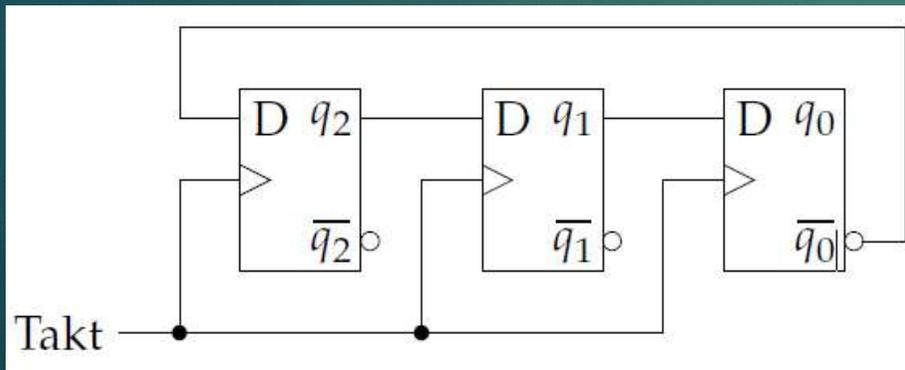


Aufgabe 4 – Schieberegister



- ▶ Der aktuelle Wert der Speicherzellen sei '000'. Stellen Sie die Folge der Speicherinhalte als gerichteten Graphen dar.

Hinweis: Jeden Takt wird das Wort ein Bit nach Rechts geschiftet

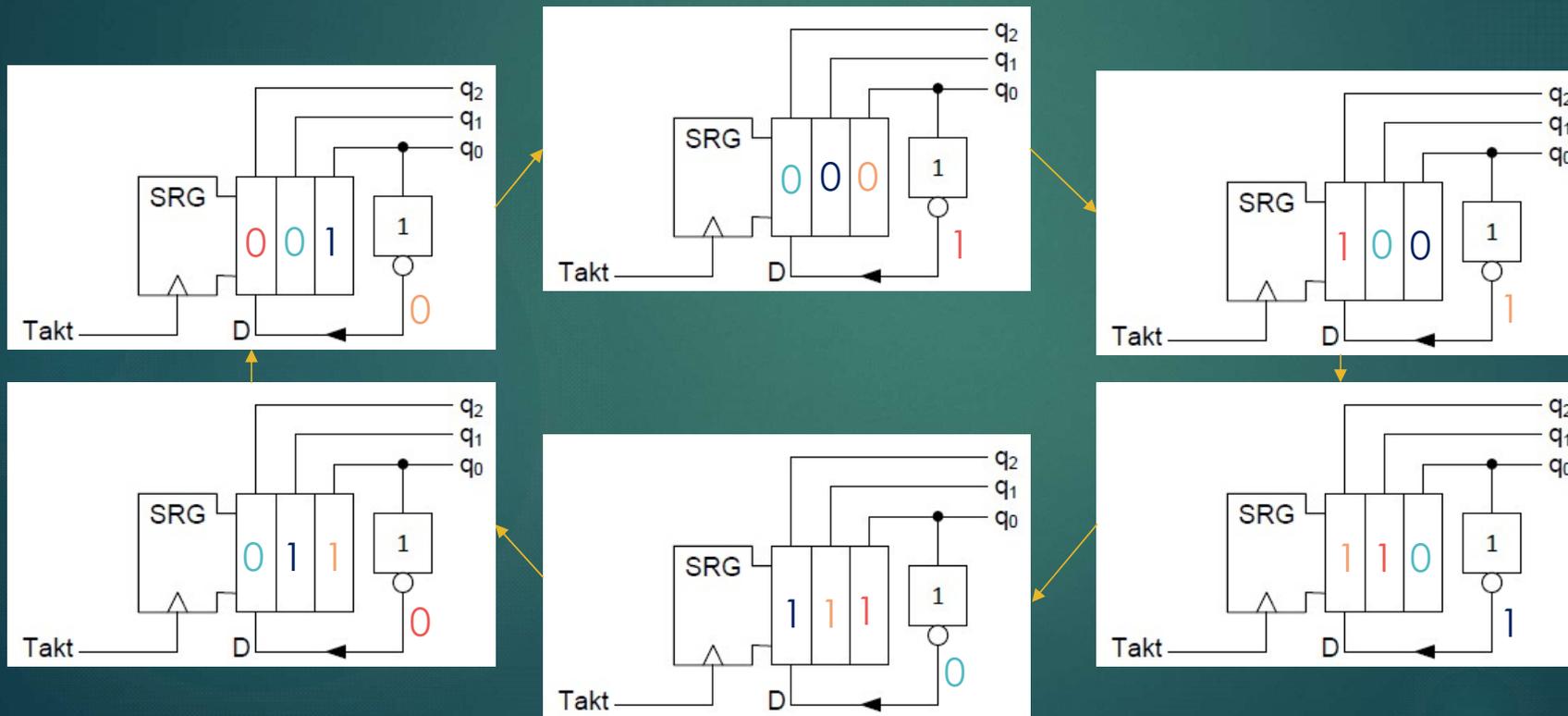


Aufgabe 4 – Schieberegister



38

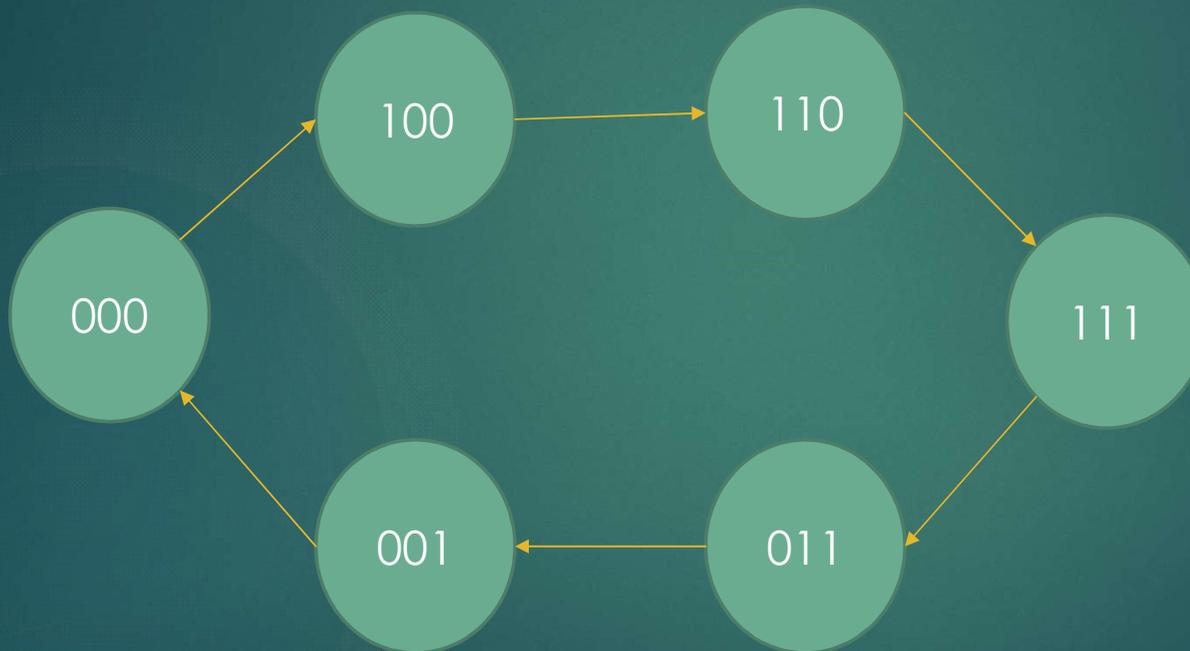
- ▶ Der aktuelle Wert der Speicherzellen sei '000'. Stellen Sie die Folge der Speicherinhalte als gerichteten Graphen dar.



Aufgabe 4 – Schieberegister



- ▶ Eine schlankere, visuelle Darstellung



Aufgabe 4 – Schieberegister



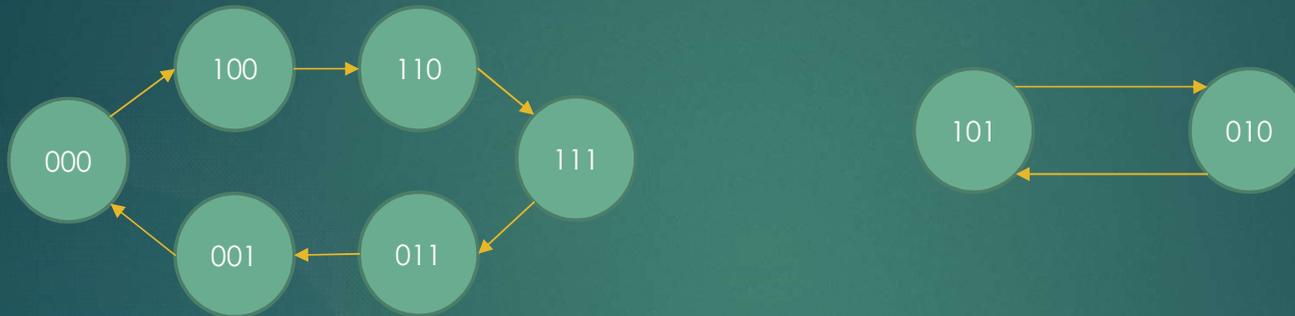
- ▶ Welche Speicherbelegungen kommen in der Folge nicht vor? Vervollständigen Sie den Graphen aus a) entsprechend.

Aufgabe 4 – Schieberegister



41

- ▶ 101 und 010 kommen in der Zählfolge nicht vor



Aufgabe 4 – Schieberegister



- ▶ Realisieren Sie ein Schaltnetz, welches aus allen N Zuständen des rückgekoppelten Schieberegisters aus Aufgabenteil a) ein **Lauflicht** für N einzelne Lampen $L_1 \dots L_N$ ansteuern kann. Sie können dazu auf die Ausgangswerte q_0, q_1, q_2 sowie deren negierte Signale zurückgreifen.
- ▶ Beginnen Sie mit einer Wahrheitstabelle.

Aufgabe 4 – Schieberegister



43

- Realisieren Sie ein Schaltnetz, welches aus allen N Zuständen des rückgekoppelten Schieberegisters aus Aufgabenteil a) ein **Lauflicht** für N einzelne Lampen $L_1 \dots L_N$ ansteuern kann. Sie können dazu auf die Ausgangswerte q_0, q_1, q_2 sowie deren negierte Signale zurückgreifen.

Alle N Zustände						Lauflicht					
q_2	q_1	q_0	$\overline{q_2}$	$\overline{q_1}$	$\overline{q_0}$	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
0	0	0				1	0	0	0	0	0
1	0	0				0	1	0	0	0	0
1	1	0				0	0	1	0	0	0
1	1	1				0	0	0	1	0	0
0	1	1				0	0	0	0	1	0
0	0	1				0	0	0	0	0	1

Aufgabe 4 – Schieberegister



- ▶ Schaltfunktionen nach bekannten Muster

Wichtig: durch die beiden nicht genutzten Zustände haben wir zwei Don't Cares

q_2	q_1	q_0	$\overline{q_2}$	$\overline{q_1}$	$\overline{q_0}$	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
0	0	0				1	0	0	0	0	0
1	0	0				0	1	0	0	0	0
1	1	0				0	0	1	0	0	0
1	1	1				0	0	0	1	0	0
0	1	1				0	0	0	0	1	0
0	0	1				0	0	0	0	0	1
1	0	1				-	-	-	-	-	-
0	1	0				-	-	-	-	-	-

Aufgabe 4 – Schieberegister



45

► L_{1-3} mittels Symmetriediagramm

q_2	q_1	q_0	$\overline{q_2}$	$\overline{q_1}$	$\overline{q_0}$	L_1	L_2	L_3
0	0	0				1	0	0
1	0	0				0	1	0
1	1	0				0	0	1
1	1	1				0	0	0
0	1	1				0	0	0
0	0	1				0	0	0
1	0	1				-	-	-
0	1	0				-	-	-

$$L_1 = \overline{q_0} \overline{q_2} = \overline{q_0 + q_2}$$

$$L_2 = \overline{q_1} q_2 = \overline{q_1 + \overline{q_2}}$$

$$L_3 = \overline{q_0} q_1 = \overline{q_0 + \overline{q_1}}$$

$$q_0$$

	1	0	-	0
q_1	-	0	0	0

$$q_2$$

	0	0	-	1
q_1	-	0	0	0

$$q_0 \quad q_2$$

	0	0	-	0
q_1	-	0	0	1

$$q_2$$

Aufgabe 4 – Schieberegister



► L_{4-6} mittels Symmetriediagramm

q_2	q_1	q_0	$\overline{q_2}$	$\overline{q_1}$	$\overline{q_0}$	L_4	L_5	L_6
0	0	0				0	0	0
1	0	0				0	0	0
1	1	0				0	0	0
1	1	1				1	0	0
0	1	1				0	1	0
0	0	1				0	0	1
1	0	1				-	-	-
0	1	0				-	-	-

$$L_4 = q_0 q_2 = \overline{q_0} + \overline{q_2}$$

$$L_5 = \overline{q_2} q_1 = \overline{q_2} + \overline{q_1}$$

$$L_6 = \overline{q_1} q_0 = \overline{q_1} + \overline{q_0}$$

	q_0			
q_1	0	0	-	0
	-	0	1	0

	q_2			
q_1	0	0	-	0
	-	1	0	0

	q_2			
q_1	0	1	-	0
	-	0	0	0

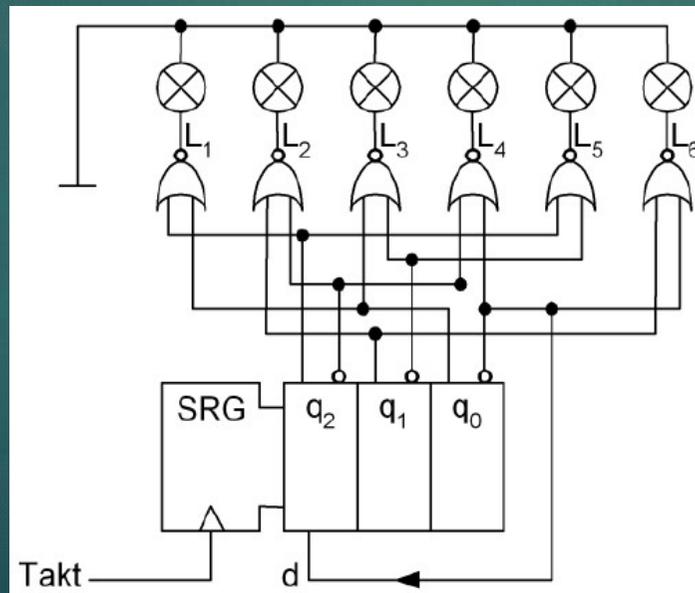
Aufgabe 4 – Schieberegister



► Schaltung mit NORs

Statt bezaubernder NORs können natürlich auch ANDs verwendet werden

$$\begin{aligned} L_1 &= \overline{q_0} \overline{q_2} = \overline{q_0 + q_2} & L_2 &= \overline{q_1} q_2 = \overline{q_1 + \overline{q_2}} & L_3 &= \overline{q_0} q_1 = \overline{q_0 + \overline{q_1}} \\ L_4 &= q_0 q_2 = \overline{\overline{q_0} + \overline{q_2}} & L_5 &= \overline{q_2} q_1 = \overline{q_2 + \overline{q_1}} & L_6 &= \overline{q_1} q_0 = \overline{q_1 + \overline{q_0}} \end{aligned}$$



Vielen Dank für eure liebe
Aufmerksamkeit!



„A man (sic!) of genius makes no mistakes; his errors
are volitional and are the portals of discovery“

James Joyce

