

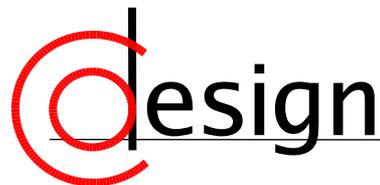
# Übungen zur Grundlagen der Technischen Informatik

## Übung 11 – Automaten

Florian Frank

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Wintersemester 2018/19



---

# Was machen wir heute?

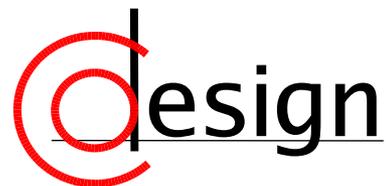
Organisatorisches: Vorlesungsevaluation

Aufgabe 1 – Automaten

Aufgabe 2 – Flipflops und Automaten

Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

# Organisatorisches: Vorlesungsevaluation



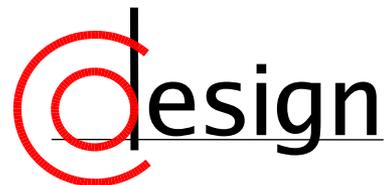
# Organisatorisches – Vorlesungsevaluation

Bitte evaluiert die Veranstaltung, nur so können Dinge verbessert werden!  
Auch bei keinen Verbesserungsvorschlägen freuen wir uns immer über positives Feedback, damit wir sehen, dass alles so gepasst hat!

- Bei Kommentaren in Freitextfeldern, die sich auf einen **bestimmten** Übungsleiter beziehen, gebt bitte **dessen Name bei diesen Kommentaren** mit an.
  - ↪ Kommentare werden durcheinandergewürfelt ...
    - Das heißt nicht nur einmal den Namen angeben, sondern immer!
  - ↪ Ihr evaluiert die Gesamtveranstaltung „Übungen zu den Grundlagen der Technischen Informatik“ und nicht – wie in AuD oder GRa bspw. – die einzelnen Übungen, deswegen gebt bitte die Namen mit an, wir wären euch sehr verbunden.

Ihr habt noch bis zum **26.01 um 12<sup>00</sup> Uhr** Zeit zu evaluieren!

# Aufgabe 1 – Automaten



## Aufgabe 1 – Automaten

Entwerfen Sie einen endlichen Zustandsautomat (FSM) für eine Armbanduhr, der eines von vier internen Registern auf dem Display anzeigt. Die Auswahl des Registers erfolgt durch einen 4:1-Multiplexer, dessen Kontrolleingänge mit  $s_0$  und  $s_1$  bezeichnet werden. Die Register entsprechen den aktuellen Werten der Uhrzeit ( $s_1 s_0 = 00$ ), der Alarmeinstellung ( $s_1 s_0 = 01$ ), des Datums (10) und der Stoppuhr (11).

Durch wiederholtes Drücken des Knopfes  $b$  soll es möglich sein, die vier Register in der oben genannten Reihenfolge zyklisch auszulesen. Gehen Sie davon aus, dass durch Drücken des Knopfes der Wert von  $b$  synchron zum Takt für eine Taktperiode auf 1 gesetzt wird. Zusätzlich soll der Wechsel des Registers durch einen hörbaren Ton angezeigt werden, indem der Ausgang  $p$  bei jedem Drücken des Knopfes für eine Taktperiode auf 1 gesetzt wird.

- Modellieren Sie den Zustandsautomat als Moore-Automat.
- Modellieren Sie den Zustandsautomat als Mealy-Automat.
- Welche Vorteile bietet die Realisierung des Zustandsautomats als Mealy-Automat und welche potentiellen Probleme müssen beachtet werden?

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

## Vollständige Spezifiziertheit

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

## Vollständige Spezifiziertheit

**Automaten** Ein Automat ist vollständig spezifiziert gdw. all seine Zustände vollständig spezifiziert sind.

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

## Vollständige Spezifiziertheit

**Zustände** Ein Zustand ist vollständig spezifiziert gdw. das Verhalten für alle möglichen Eingaben spezifiziert ist. (Übergangsfunktion liefert für jede mögliche Eingabe mit diesem Zustand eine gültige Antwort).

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltnetz

Die Ausgabe eines Schaltnetzes hängt **alleinig** von der zugehörigen **Eingabe** ab.

## Schaltwerk

Die Ausgabe eines Schaltwerkes hängt **mitunter** von dem aktuellen **Zustand** ab.

## Vollständige Spezifiziertheit

**Automaten** Ein Automat ist vollständig spezifiziert gdw. all seine Zustände vollständig spezifiziert sind.

**Zustände** Ein Zustand ist vollständig spezifiziert gdw. das Verhalten für alle möglichen Eingaben spezifiziert ist. (Übergangsfunktion liefert für jede mögliche Eingabe mit diesem Zustand eine gültige Antwort).

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

## Schaltblock eines Automaten

$e^t$  Die Eingabe  $e$  zum Zeitpunkt  $t$

$s^t / s^{t+1}$  Der aktuelle Zustand  $s$  zum Zeitpunkt  $t / t + 1$

$\delta$  Zustandsübergangsfunktion

$\lambda$  Ausgabefunktion

$a^t$  Die Ausgabe  $a$  zum Zeitpunkt  $t$

---

# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

Wir unterscheiden zwischen folgenden Automatentypen:

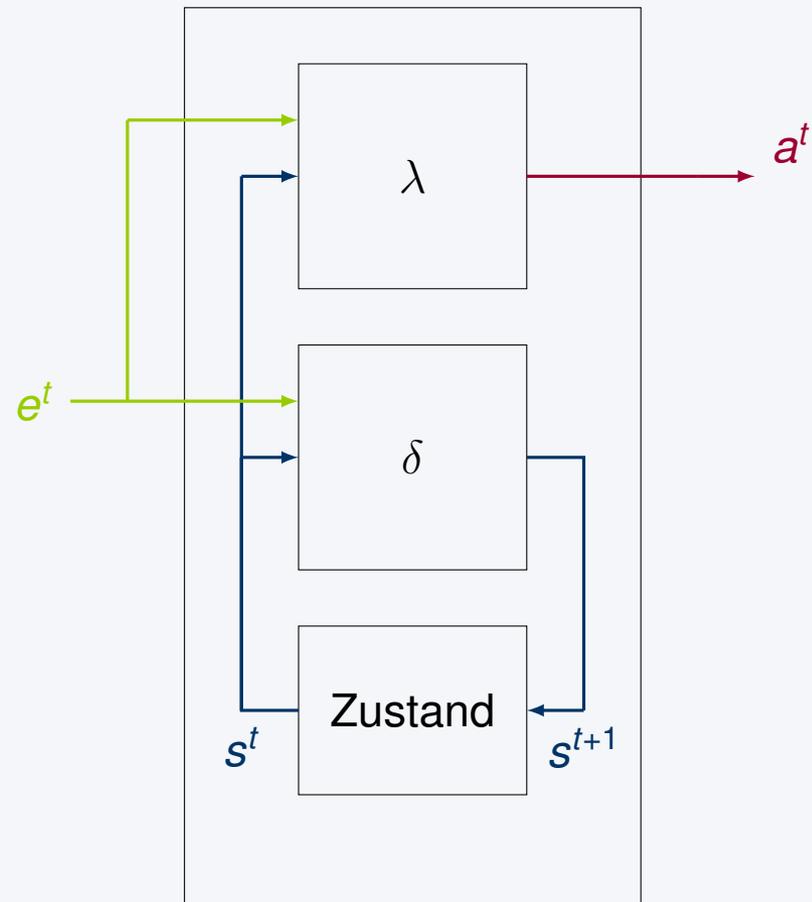
# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

Wir unterscheiden zwischen folgenden Automatentypen:

## MEALY-Automat

Die Ausgabe hängt nicht nur vom jeweiligen Zustand, sondern auch von der dazugehörigen Eingabe ab:

$$a^t = \lambda(e^t, s^t)$$



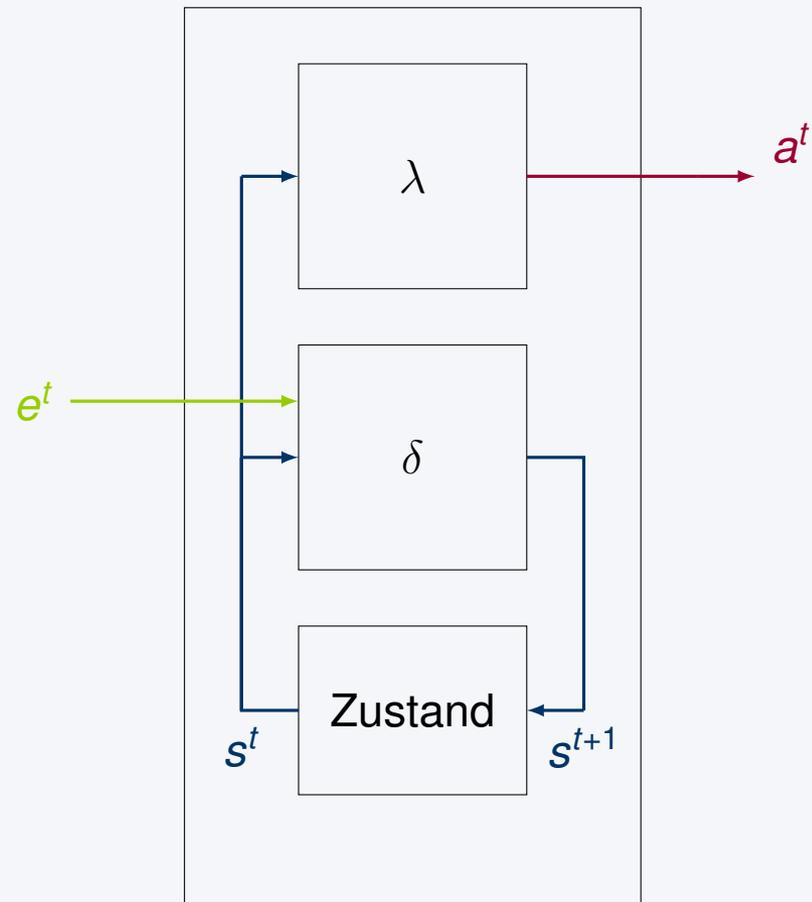
# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

Wir unterscheiden zwischen folgenden Automatentypen:

## MOORE-Automat

Die Ausgabe hängt nur vom jeweiligen Zustand ab:

$$a^t = \lambda(s^t)$$



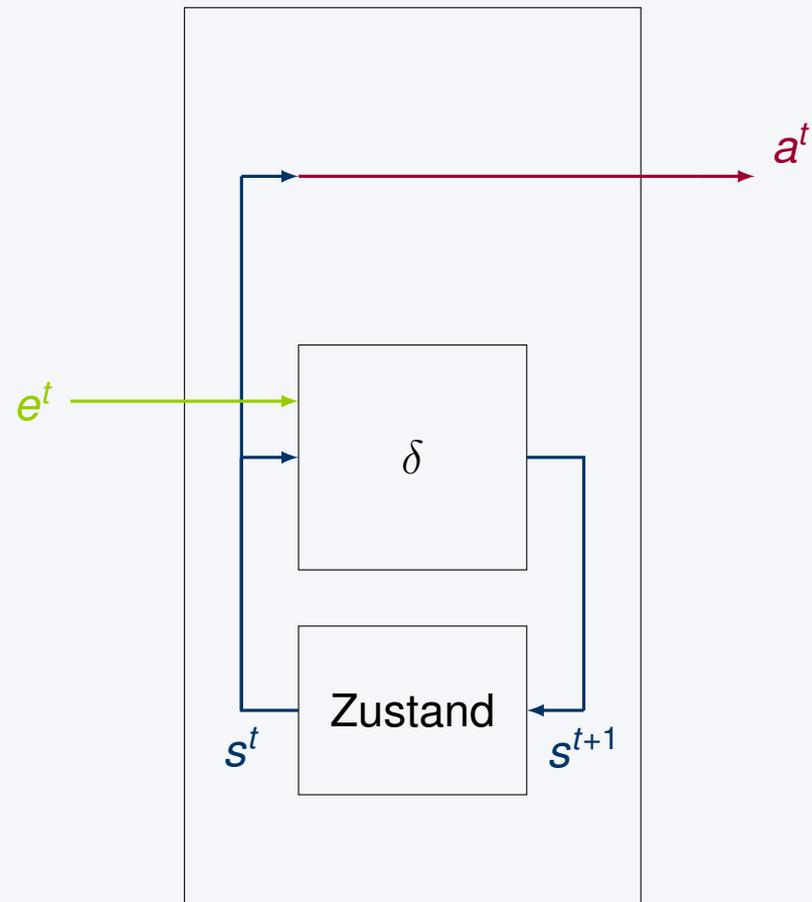
# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

Wir unterscheiden zwischen folgenden Automatentypen:

## MEDWEDEW-Automat

Die Ausgabe ist der Zustand selbst, die Funktion  $\lambda$  wird nicht mehr auf  $s^t$  angewendet:

$$a^t = s^t$$



# Aufgabe 1 – Automaten: Begriffsklärung

Wir unterscheiden zwischen folgenden Automatentypen:

## MEALY-Automat

Die Ausgabe hängt nicht nur vom jeweiligen Zustand, sondern auch von der dazugehörigen Eingabe ab:

$$a^t = \lambda(e^t, s^t)$$

## MOORE-Automat

Die Ausgabe hängt nur vom jeweiligen Zustand ab:

$$a^t = \lambda(s^t)$$

## MEDWEDEW-Automat

Die Ausgabe ist der Zustand selbst, die Funktion  $\lambda$  wird nicht mehr auf  $s^t$  angewendet:

$$a^t = s^t$$

## Unterschied

Der **Unterschied** aller dreier Automatentypen liegt **alleine** in der **Ausgabefunktion**.

## Aufgabe 1 – Automaten

Entwerfen Sie einen endlichen Zustandsautomat (FSM) für eine Armbanduhr, der eines von vier internen Registern auf dem Display anzeigt. Die Auswahl des Registers erfolgt durch einen 4:1-Multiplexer, dessen Kontrolleingänge mit  $s_0$  und  $s_1$  bezeichnet werden. Die Register entsprechen den aktuellen Werten der Uhrzeit ( $s_1 s_0 = 00$ ), der Alarmeinrichtung ( $s_1 s_0 = 01$ ), des Datums (10) und der Stoppuhr (11).

Durch wiederholtes Drücken des Knopfes  $b$  soll es möglich sein, die vier Register in der oben genannten Reihenfolge zyklisch auszulesen. Gehen Sie davon aus, dass durch Drücken des Knopfes der Wert von  $b$  synchron zum Takt für eine Taktperiode auf 1 gesetzt wird. Zusätzlich soll der Wechsel des Registers durch einen hörbaren Ton angezeigt werden, indem der Ausgang  $p$  bei jedem Drücken des Knopfes für eine Taktperiode auf 1 gesetzt wird.

- Modellieren Sie den Zustandsautomat als Moore-Automat.
- Modellieren Sie den Zustandsautomat als Mealy-Automat.
- Welche Vorteile bietet die Realisierung des Zustandsautomats als Mealy-Automat und welche potentiellen Probleme müssen beachtet werden?

# Aufgabe 2 – Flipflops und Automaten



## Aufgabe 2 – Flipflops und Automaten

Realisieren Sie unter Verwendung von JK-Flipflops das Schaltwerk eines Automaten, dessen Überföhrungsfunktion durch folgende Automatentafel gegeben ist.

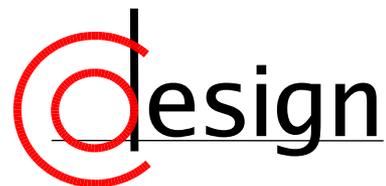
$Q^n$		X		$Q^{n+1}$		Flipflop 2		Flipflop 1	
$q_2^n$	$q_1^n$	b	a	$q_2^{n+1}$	$q_1^{n+1}$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$
0	0	0	0	0	1				
0	0	0	1	0	1				
0	0	1	-	1	1				
0	1	-	0	1	0				
0	1	-	1	0	1				
1	0	-	0	0	0				
1	0	0	1	1	1				
1	0	1	1	1	0				
1	1	-	-	0	0				

## Aufgabe 2 – Flipflops und Automaten

Realisieren Sie unter Verwendung von JK-Flipflops das Schaltwerk eines Automaten, dessen Überföhrungsfunktion durch die vorherige Automatentafel gegeben ist.

- a) Bestimmen Sie die Ansteuerfunktionen  $(J_2, K_2)$  und  $(J_1, K_1)$  der beiden JK-Flipflops.
- b) Können Sie anhand der Tabelle den Automatentyp angeben (mit Begründung)?
- c) Tragen Sie die Ansteuerfunktionen  $J_2, K_2, J_1,$  und  $K_1$  in Symmetriediagramme ein und bestimmen Sie jeweils eine disjunktive Minimalform.
- d) Realisieren sie die Ansteuerfunktionen unter Verwendung eines PAL-Bausteins und zeichnen Sie das vollständige daraus resultierende Schaltwerk.

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk



## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts) (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
  - für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
  - für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.
- a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.
  - b) Stellen Sie die Automatentafel auf.
  - c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts) (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0$ ,  $V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0$ ,  $V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände?

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts) (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände?

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts) (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände? 4

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts) (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände? 4

Eingabe/Übergänge:

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände? 4

Eingabe/Übergänge:

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände? 4

Eingabe/Übergänge:  $R$  und  $V$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

Entwerfen Sie eine synchrone Schaltung mit den Zuständen  $A, B, C, D$ . Diese soll abhängig von den Eingangssignalen  $R$  (Rücksetzen) und  $V$  (Vorwärts)

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

a) Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm.

Wie viele Zustände? 4

Eingabe/Übergänge:  $R$  und  $V$

Startzustand?  $A$

*Da in beiden Zyklen mit dem Knoten  $A$  gestartet wird.*

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

Ⓑ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

Ⓒ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

Ⓒ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

Ⓒ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

Ⓒ

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$

Ⓐ

Ⓑ

Ⓓ

Ⓒ

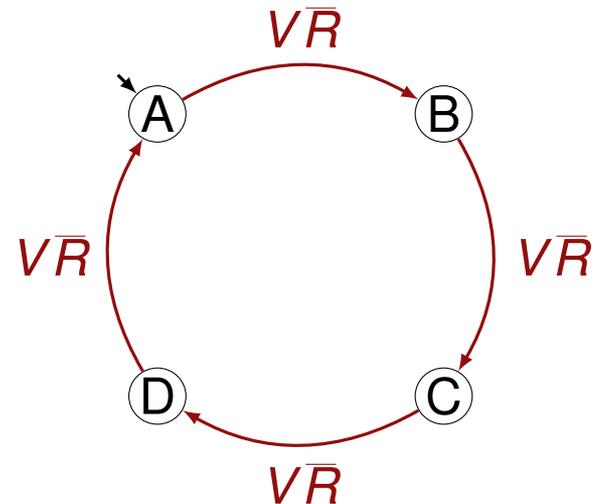
# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$



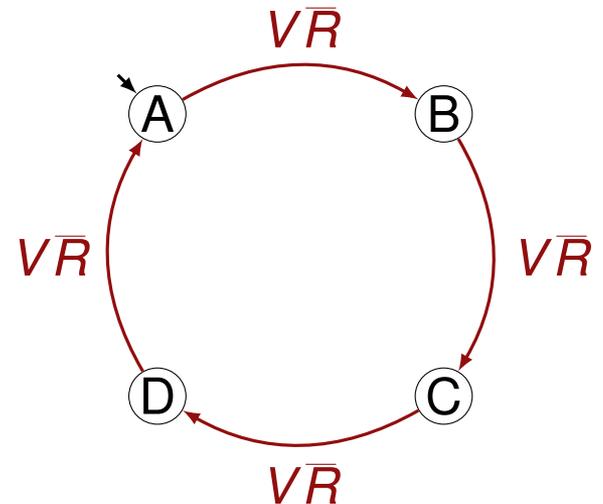
# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$



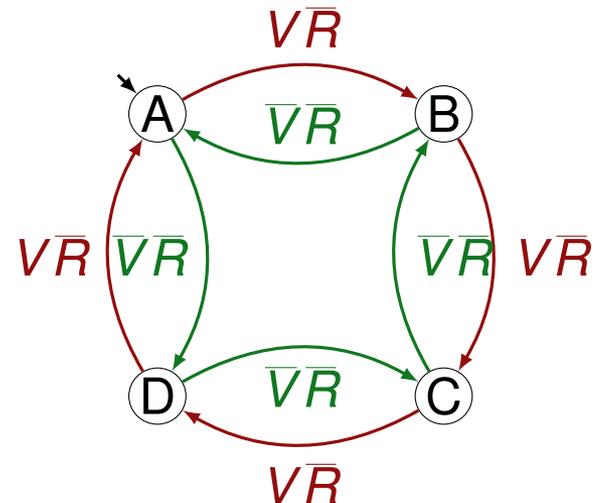
# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$



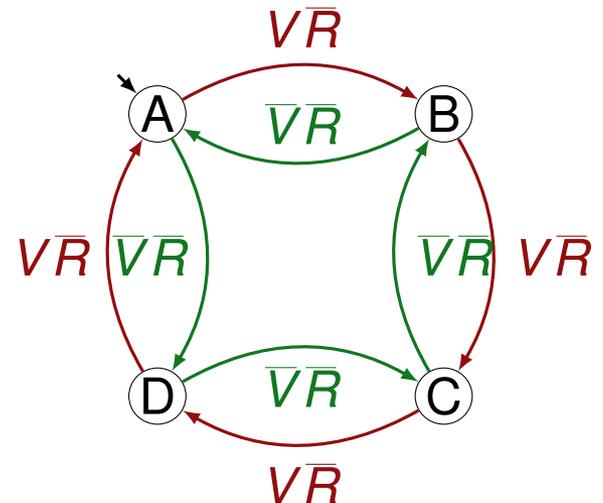
# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$



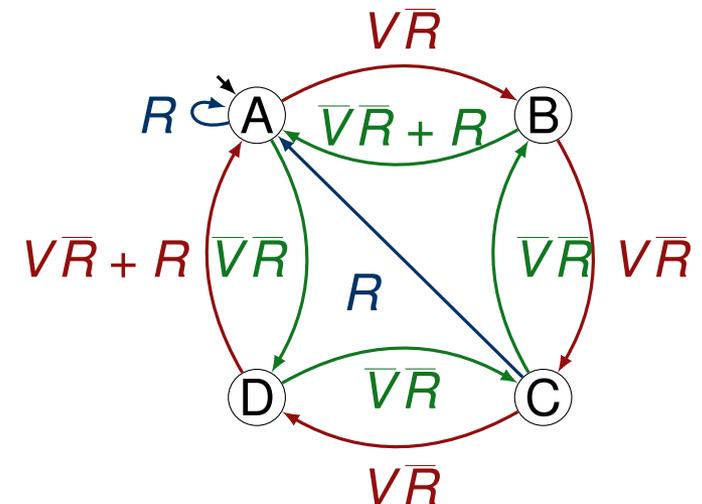
# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$



# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

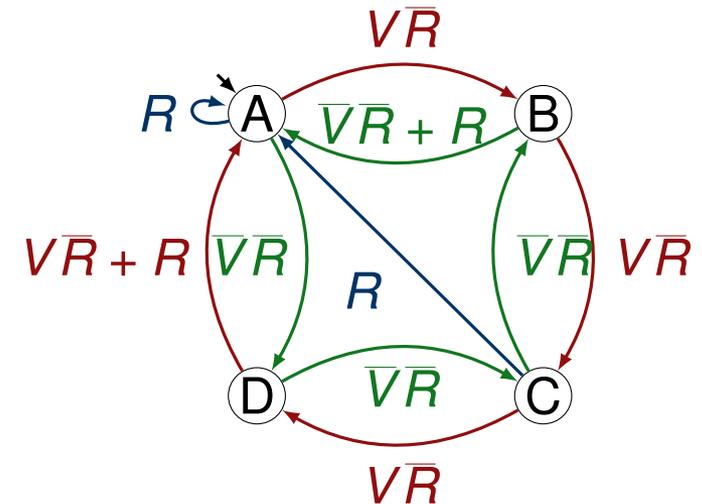
Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$

→ Minimieren der Funktionen  $\bar{V}\bar{R}+R$  und  $V\bar{R}+R$  liefert jeweils  $\bar{V} + R$  und  $V + R$ .



# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Zustandsdiagramm

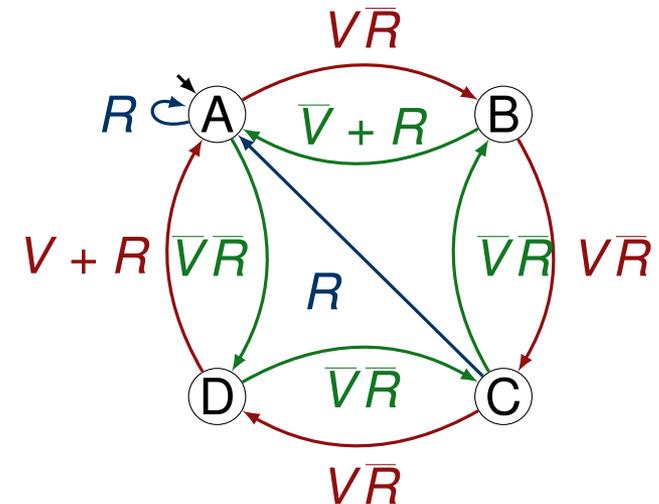
Wie viele Zustände? 4

Eingabe:  $R$  und  $V$

Übergänge:

- für die Belegung  $R = 0, V = 1$  den Zyklus  $A, B, C, D, A, B, \dots$  durchlaufen.  $V \cdot \bar{R}$
- für die Belegung  $R = 0, V = 0$  den Zyklus  $A, D, C, B, A, D, \dots$  durchlaufen.  $\bar{V} \cdot \bar{R}$
- für  $R = 1$  unabhängig von  $V$  in den Zustand  $A$  übergehen.  $R$

→ Minimieren der Funktionen  $\bar{V}\bar{R}+R$  und  $V\bar{R}+R$  liefert jeweils  $\bar{V} + R$  und  $V + R$ .



## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

b) Stellen Sie die Automatentafel auf.

### Wichtig: Automatentafeln

Automatentafeln sind die tabellarische Darstellung eines Automaten. Wichtig ist, dass **alle** möglichen Zustandsübergänge vorkommen.

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

b) Stellen Sie die Automatentafel auf.

**Wichtig: Automatentafeln**  
 Automatentafeln sind die tabellarische Darstellung eines Automaten. Wichtig ist, dass **alle** möglichen Zustandsübergänge vorkommen.

Zustand	$\bar{R} \cdot \bar{V}$	$\bar{R} \cdot V$	$R \cdot (\bar{V}/V)$
$q_2 \ q_1$	(0 0)	(0 1)	(1 -)
A	0 0	D (1 1)	B (0 1)
B	0 1	A (0 0)	C (1 0)
C	1 0	B (0 1)	D (1 1)
D	1 1	C (1 0)	A (0 0)

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

Aufstellen der Wertetabelle. Bei D-Flipflops gilt: **Der Ansteuerwert der Flipflops sind genau der zu speichernde Wert!**

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

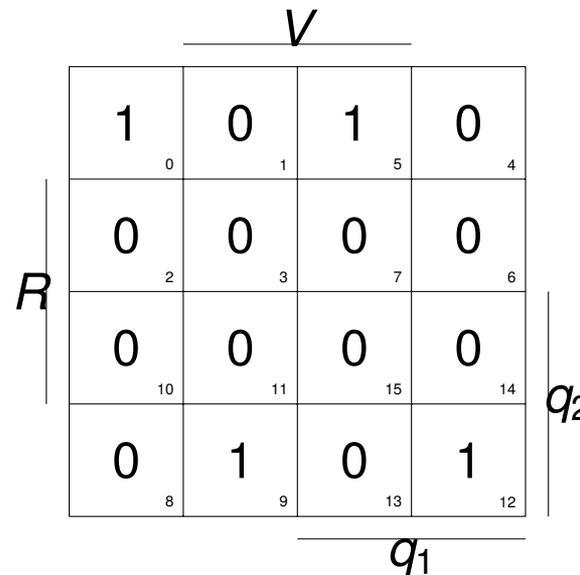
c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$q_2$	$q_1$	$R$	$V$	$q'_2$	$q'_1$	$D_2$	$D_1$
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	-	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	-	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1
1	0	1	-	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	-	0	0	0	0

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

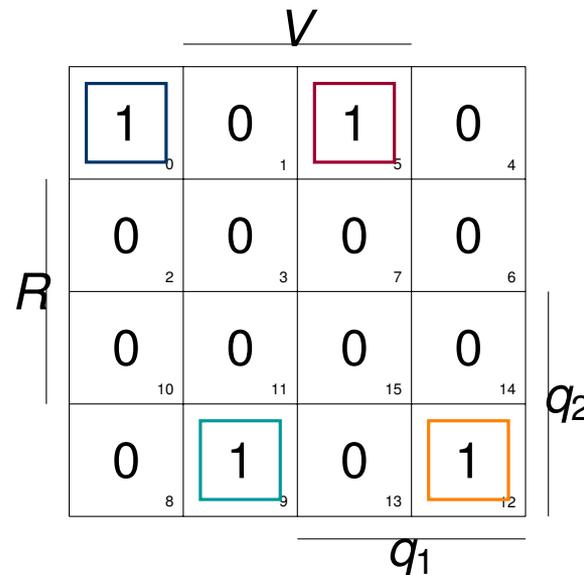
Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):



# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

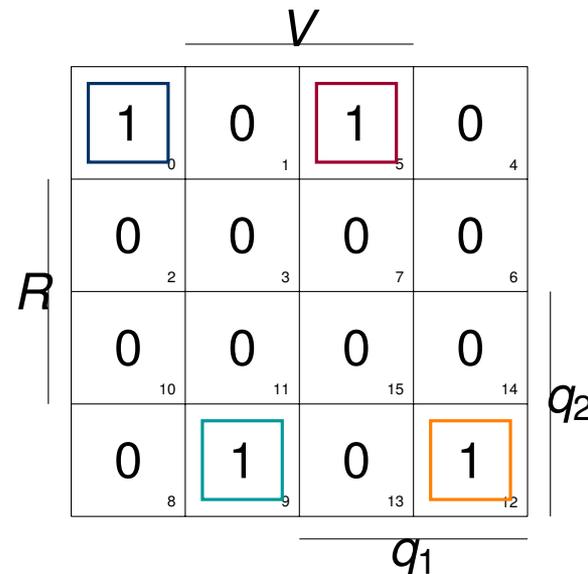
Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):



## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):



$$D_2 = V\bar{R}(\bar{q}_2q_1 + q_2\bar{q}_1) + V\bar{R}(\bar{q}_2\bar{q}_1 + q_2q_1)$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):

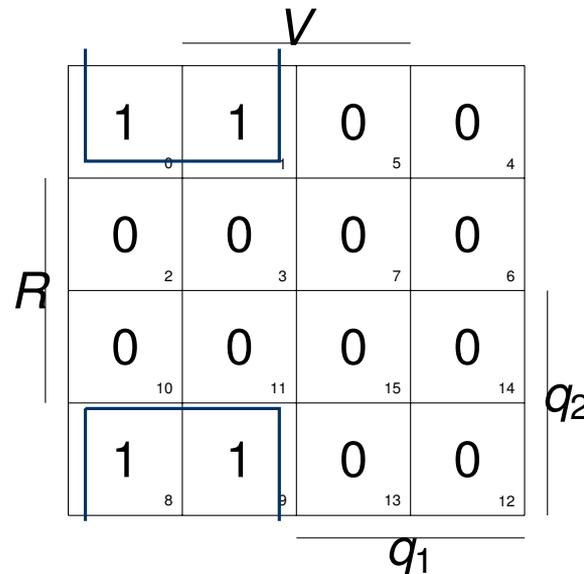
	$V$				
	1	1	0	0	
	0	1	5	4	
$R$	0	0	0	0	
	2	3	7	6	
	0	0	0	0	
	10	11	15	14	
	1	1	0	0	$q_2$
	8	9	13	12	
	$q_1$				

$$D_2 = V\bar{R}(\bar{q}_2q_1 + q_2\bar{q}_1) + \bar{V}\bar{R}(\bar{q}_2\bar{q}_1 + q_2q_1)$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):

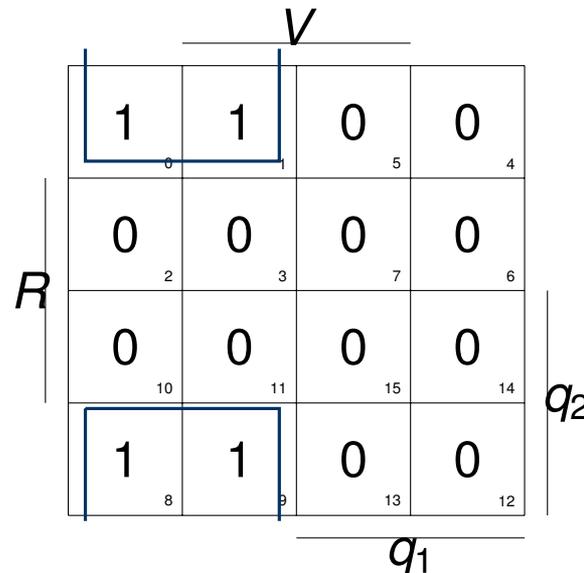


$$D_2 = V\bar{R}(\bar{q}_2q_1 + q_2\bar{q}_1) + \bar{V}\bar{R}(\bar{q}_2\bar{q}_1 + q_2q_1)$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

Wir fangen an zu minimieren (Symmetriediagramme):



$$D_2 = V\bar{R}(\bar{q}_2q_1 + q_2\bar{q}_1) + \bar{V}\bar{R}(\bar{q}_2\bar{q}_1 + q_2q_1)$$

$$D_1 = \bar{R}\bar{q}_1$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V\bar{R}(\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V}\bar{R}(\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \bar{R} (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \bar{R} (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} R (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

$$\begin{aligned} D_1 &= \bar{q}_1 \bar{R} \\ &\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (\bar{q}_1) \end{aligned}$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \bar{R} (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (\bar{q}_1)$$

$$D_2 = R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \bar{q}_2 q_1 + V q_2 \bar{q}_1 + \bar{V} \bar{q}_2 \bar{q}_1 + \bar{V} q_2 q_1)$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \bar{R} (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (\bar{q}_1)$$

$$D_2 = R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \bar{q}_2 q_1 + V q_2 \bar{q}_1 + \bar{V} \bar{q}_2 \bar{q}_1 + \bar{V} q_2 q_1)$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \cdot (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \cdot (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1))$$

## Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

- c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$D_2 = V \bar{R} (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \bar{R} (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1)$$

Um die Schaltungen ausschließlich mit Multiplexern aufzubauen, verwenden wir den Entwicklungssatz von Shannon, zum Beispiel in der Reihenfolge  $R$ ,  $V$  und  $q_1$ :

$$D_1 = \bar{q}_1 \bar{R}$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (\bar{q}_1)$$

$$D_2 = R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \bar{q}_2 q_1 + V q_2 \bar{q}_1 + \bar{V} \bar{q}_2 \bar{q}_1 + \bar{V} q_2 q_1)$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \cdot (\bar{q}_2 q_1 + q_2 \bar{q}_1) + \bar{V} \cdot (\bar{q}_2 \bar{q}_1 + q_2 q_1))$$

$$\equiv R \cdot (0) + \bar{R} \cdot (V \cdot (q_1 \cdot (\bar{q}_2) + \bar{q}_1 (q_2)) + \bar{V} \cdot (q_1 \cdot (q_2) + \bar{q}_1 \cdot (\bar{q}_2)))$$

# Aufgabe 3 – Synchrones Schaltwerk: Realisierung

c) Realisieren Sie die Schaltung mit zwei D-Flipflops und unter ausschließlicher Verwendung von 2:1-Multiplexern.

