



Wintersemester 2008/09

**Aufgabe 1: Schaltung**

Gegeben ist folgende Schaltung. (Es handelt sich um positiv flankengetriggerte JK-Flip-Flops, die vor der Simulation auf 0 gesetzt wurden.)

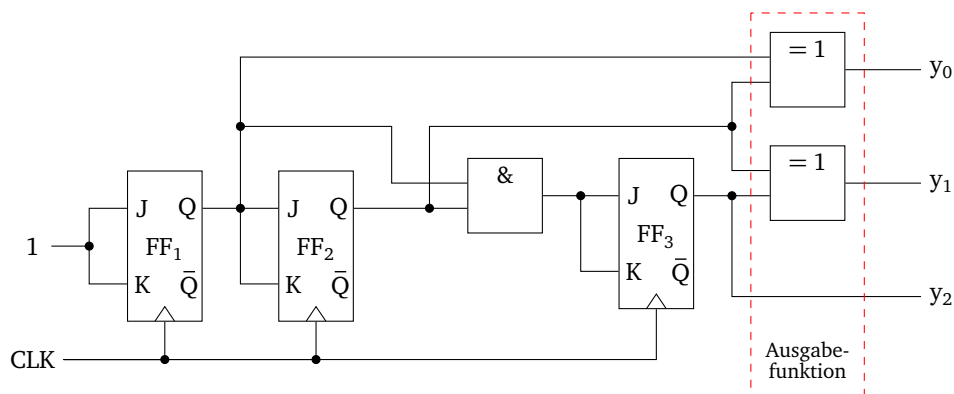


Abbildung 1: Schaltung

- Wie reagiert das JK-Flip-Flop wenn beide Eingänge mit 1 beschaltet sind?  
Es wechselt seinen Wert:  $Q^+ = \bar{Q}$
- Wie reagiert das JK-Flip-Flop wenn beide Eingänge mit 0 beschaltet sind?  
Es speichert seinen Wert:  $Q^+ = Q$
- In welchem Modus arbeitet das Flip-Flop ganz links (FF<sub>1</sub>)?  
*Toggle-Modus*
- Um welchen Schaltungstyp handelt es sich?  
Schaltwerk
- Warum können keine RS-Flip-Flops in der Schaltung verwendet werden?  
Die Eingabe 1 für beide Eingänge R und S ist eine nicht erlaubte Beschaltung.
- Markieren Sie die Logikelemente der Ausgabefunktion durch Umrandung direkt in der Schaltung.  
Siehe Abbildung 1.
- Füllen Sie die untenstehende Tabelle aus. Jede Zeile entspricht einem neuen Taktzyklus. Die Ausgänge Q<sub>1</sub>–Q<sub>3</sub> der Flip-Flops FF<sub>1</sub>–FF<sub>3</sub> sind zu Beginn auf 0 gesetzt.

Takt	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1
3	1	1	0	0	1	0
4	0	0	1	1	1	0
5	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0

Tabelle 1: Funktionstabelle der Schaltung

h) Wie nennt sich die Ausgabecodierung?

Gray-Code

### Aufgabe 2: Moore-Automat

Eine Moore-Maschine hat zwei Eingänge  $x_0$  und  $x_1$  und einen Ausgang  $y$ . Geben Sie das Zustandsübergangsdiagramm gemäß der folgenden Spezifikation an.

Der Ausgang ist konstant, wenn nicht eine der folgenden Sequenzen auftritt:

1. Die Sequenz  $x_0x_1 = 00, 11$  bewirkt  $y = 0$ .
2. Die Sequenz  $x_0x_1 = 01, 11$  bewirkt  $y = 1$ .
3. Die Sequenz  $x_0x_1 = 10, 11$  bewirkt einen Wechsel des Ausgangswerts,  $y = \bar{y}$ .

Der Automat lässt sich bis auf folgendes Zustandsübergangsdiagramm vereinfachen:

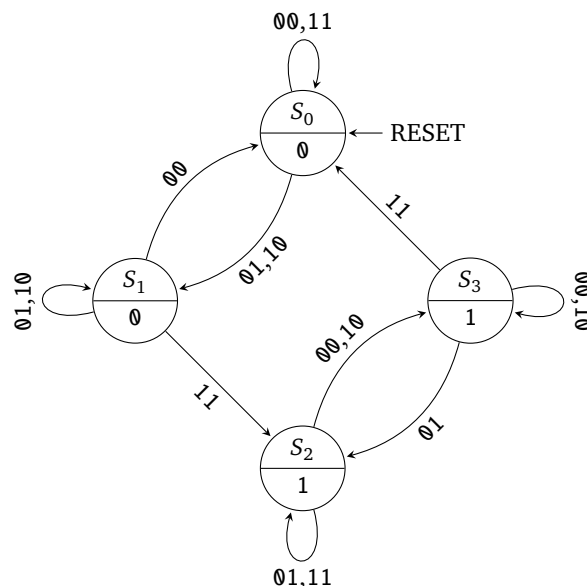


Abbildung 2: Zustandsübergangsdiagramm des Moore-Automaten

(Die Angaben an den Pfeilen bezeichnen  $x_0x_1$ . Die untere Angabe in den Zuständen ist der Wert der Ausgabe  $y$ .)

### Aufgabe 3: Mealy-Automat

Eine FSM hat einen Eingang  $x$  und einen Ausgang  $y$ . Zeichnen Sie ein Mealy-Zustandsdiagramm für die folgenden Fälle:

- a)  $y = 1$  genau dann, wenn die Gesamtzahl gesehener *Einsen* im Eingangsstrom durch 3 teilbar ist.

Man entwirft zunächst ausgehend von einem Startzustand den Sequenzdetektor mit drei Folgezuständen, in denen man die Anzahl der *Einsen* zählt. Man kann jedoch den dritten Zustand mit dem Startzustand zusammenfassen, da auch bei *keinen Einsen* eine Ausgabe erfolgen muß. So erhält man folgenden vereinfachten Moore-Automaten, der als Mealy-Zustandsübergangsdiagramm notiert ist.

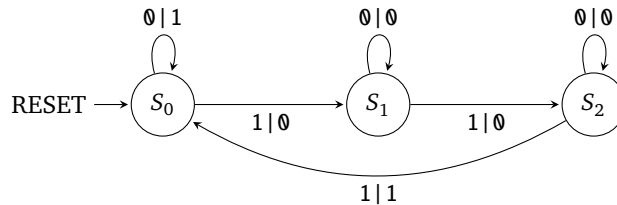


Abbildung 3: Zustandsübergangsdiagramm des Mealy-Automaten zu Punkt a)

(Die Angaben an den Pfeilen bezeichnen  $x|y$ .)

- b)  $y = 1$  genau dann, wenn die Gesamtzahl gesehener *Einsen* im Eingangsstrom durch 3 teilbar ist und die Gesamtzahl gesehener *Nullen* im Eingangsstrom gerade und größer Null ist.

Zusätzlich zum Automaten aus Punkt a) müssen die *Nullen* gezählt werden:

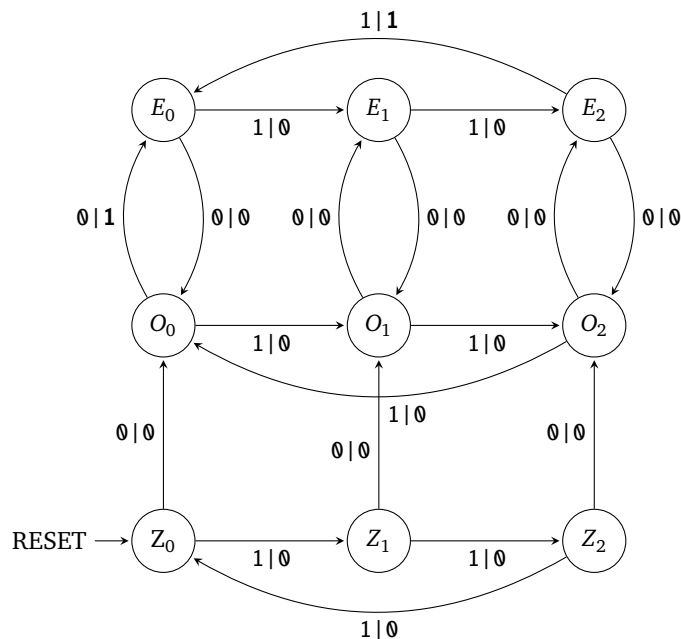


Abbildung 4: Zustandsübergangsdiagramm des Mealy-Automaten zu Punkt b)

(Die Angaben an den Pfeilen bezeichnen  $x|y$ . Die Buchstaben der Zustandsbezeichnung beschreiben wie viele *Nullen* entdeckt wurden, sie stehen für *zero*, *odd* und *even*. Die Indizes stehen für die Anzahl der gelesenen *Einsen* modulo 3.)

#### Aufgabe 4: A/D-Wandler

Ein Musikstück von  $4\frac{1}{2}$  Minuten Länge wird digitalisiert (A/D-gewandelt) und auf der Festplatte eines Rechners gespeichert.

- a) Warum wird Musik auf CDs mit 44 kHz digitalisiert, obwohl der Mensch nur bis etwa 20 kHz hören kann?

Das *Nyquist-Theorem* besagt:  $f_a \geq 2f_g$

Die Abtastfrequenz beträgt hier  $f_a = 44\text{kHz}$ . Folglich gilt für die höchste abtastbare Frequenz  $f_g \leq 22\text{kHz}$ .

b) Welche Dateigröße ergibt sich bei einer Quantisierung mit 8 Bit, 12 Bit und 16 Bit Auflösung?

$$\begin{aligned}8 \text{ Bit} \cdot \left( \frac{44\,000}{s} \cdot 270\text{s} \right) &= \frac{95\,040\,000}{8} \text{ Byte} = 11\,880\,000 \text{ Byte} = 11,330 \text{ MiB} \\12 \text{ Bit} \cdot \left( \frac{44\,000}{s} \cdot 270\text{s} \right) &= \frac{142\,560\,000}{8} \text{ Byte} = 17\,820\,000 \text{ Byte} = 16,994 \text{ MiB} \\16 \text{ Bit} \cdot \left( \frac{44\,000}{s} \cdot 270\text{s} \right) &= \frac{190\,080\,000}{8} \text{ Byte} = 23\,760\,000 \text{ Byte} = 22,659 \text{ MiB}\end{aligned}$$

---

### Aufgabe 5: Vergleichen von Moore- und Mealy-Automaten

---

Vergleichen Sie Moore- und Mealy-Automaten bzgl. der nachfolgenden Kriterien.

a) Welche Unterschiede besitzen die Ausgaben von Moore- und Mealy-Automaten?

Der Moore-Automat hat ein *synchrones* Ausgabeverhalten. Die Ausgabe des nächsten Taktzyklus wird kombinatorisch in dem aktuellen Taktzyklus berechnet und synchron zum Takt in das Ausgaberegister übernommen. Änderungen am Eingang eines Moore-Automaten wirken sich auf den Ausgang somit frühestens zum nächsten Taktzyklus aus.

Ein Mealy-Automat hat ein *asynchrones* Ausgabeverhalten. Die Ausgabe ist kombinatorisch anhand der Eingänge und des Zustands festgelegt. Somit wirken sich Änderungen am Eingang eines Mealy-Automaten direkt auf den Ausgang aus.

b) Warum ist es problematisch, wenn einer oder mehrere Mealy-Automaten rückgekoppelt werden?

Werden Mealy-Automaten zurückgekoppelt, d. h. der Ausgang wirkt direkt auf den Eingang des Automaten, so kann es passieren, dass der Ausgang des Mealy-Automaten ein Schwingverhalten aufweist: Die asynchronen Ausgaben nehmen aufgrund der reinen kombinatorischen Verschaltung evtl. keine stabilen Ausgabewerte an.

c) Warum besitzt ein Mealy-Automat gegenüber einem Moore-Automat normalerweise weniger Zustände bei gleicher Ausgabesequenz?

Gleiche Ausgaben in unterschiedlichen Zuständen können in einem Mealy Automaten evtl. zu einem Zustand zusammengefasst werden.

d) Können Sie einen Fall angeben, bei dem der minimale Mealy-Automat mehr Zustände als der minimale Moore-Automat besitzt?

Nein, dies gibt es nicht. Der Beweis bleibt dem Leser überlassen.

Beweisidee als Hilfestellung:

Betrachten Sie zuerst einen Automaten mit nur einem Zustand. Zeigen Sie, dass es keinen Mealy-Automat mit mehr Zuständen gibt.

Betrachten Sie nun einen möglichen Moore-Automaten mit  $n$  Zuständen bei  $n$  verschiedenen Ausgaben. Erweitern Sie nun den Moore-Automat um einen weiteren Zustand  $n + 1$  und betrachten Sie dabei die auftretenden verschiedenen Fälle:

1. Der neue Zustand erzeugt die Ausgabe  $n + 1$ .
2. Der neue Zustand erzeugt die Ausgabe  $i$  und ist über eine Transition mit dem Zustand  $i$  verbunden.
3. Der neue Zustand erzeugt die Ausgabe  $i$  und ist über keine Transition mit dem Zustand  $i$  verbunden.

Folgern Sie nun dass es keinen Mealy-Automat gibt, der mehr Zustände als der Moore-Automat besitzt.

e) Wie kann man einen Moore-Automaten in einen Mealy-Automaten überführen?

Um einen Moore-Automaten in einen Mealy-Automaten zu überführen, muss die Ausgabe des Zielzustandes an die Transition geschrieben werden. Dies soll am Beispiel aus Aufgabe Aufgabe 2 gezeigt werden.

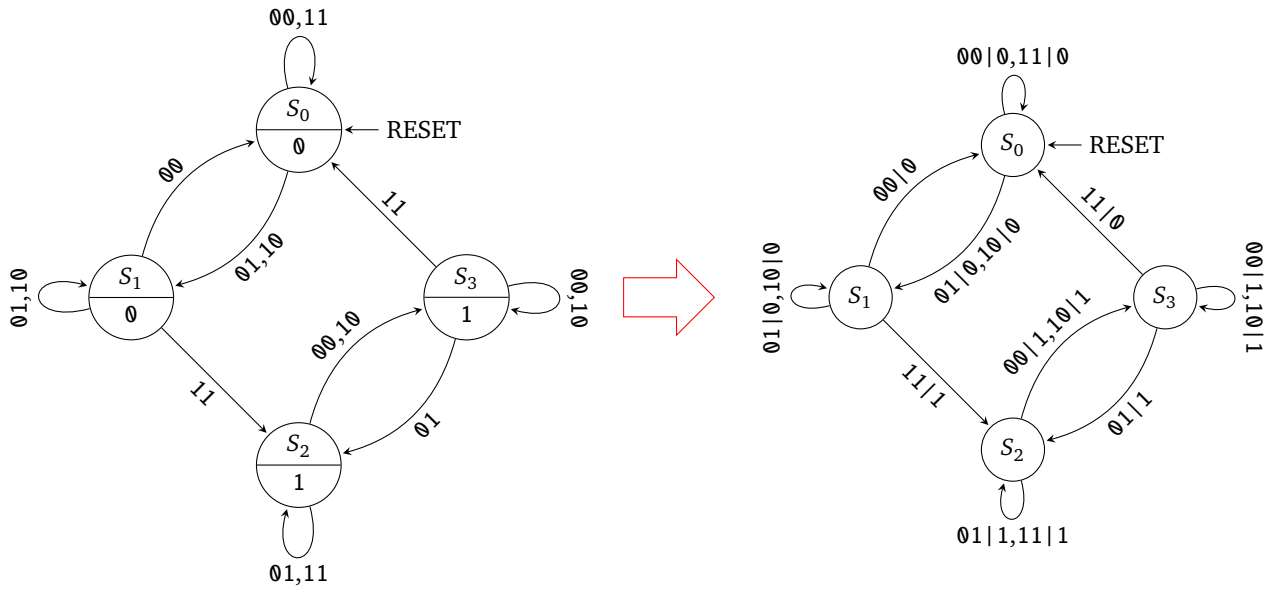


Abbildung 5: Überführung eines Moore- in einem Mealy-Automaten