

Schaltwerke

Sie haben bereits gelernt, mithilfe logischer Bauteile ganz unterschiedliche Schaltungen zu konstruieren. Solche Schaltnetze kommen in konkreten technischen Geräten wie etwa elektrischen Türen oder Alarmanlagen zum Einsatz. Schaltnetze wie Addierer oder Komparatoren werden sogar in modernen Computern verwendet. Die Ausgaben eines Schaltnetzes hängen dabei nur von den aktuellen Eingaben ab, ein Schaltnetz verhält sich bei einer konkreten Eingabe also immer gleich. Im Folgenden wollen wir Schaltungen realisieren, deren Ausgaben nicht nur von der aktuellen Eingabe, sondern auch vom aktuellen Zustand abhängen. Was damit gemeint ist, verdeutlichen wir uns am folgenden Beispiel:

Beispiel Überwachungsmonitor

In Krankenhäusern werden die Vitalparameter von Patienten durch Überwachungsmonitore gemessen. Vereinfachend gehen wir in unserem Beispiel von einem Sensor S aus: standardmäßig hat S den Wert 0, werden aber kritische Vitalparameter gemessen, so nimmt S den Wert 1 an. In dem Fall löst der Überwachungsmonitor einen Alarm aus. Dieser bleibt an, auch wenn der Sensor S wieder den Wert 0 liefert.

Modellierung durch einen Mealy-Automaten

Einen solchen Überwachungsmonitor kann man gut durch einen Mealy-Automaten modellieren. Das Eingabealphabet ist $\Sigma = \{S=0, S=1\}$, das Ausgabealphabet wird definiert durch

$\Omega = \{\text{Alarm an}, \text{Alarm aus}\}$:

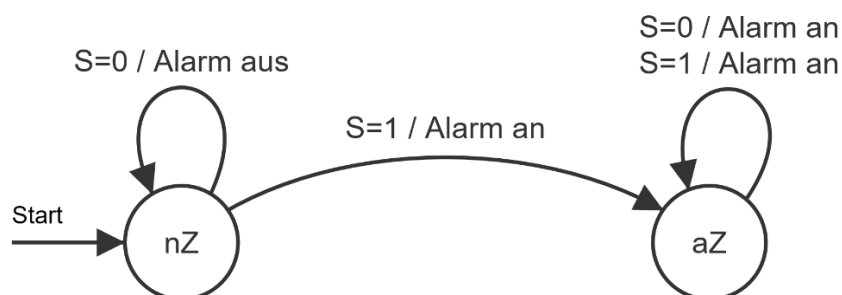


Abbildung 1: Mealy-Automat zur Modellierung eines Überwachungsmonitors

Aufgabe 1

- Erläutern Sie, warum ein Zustand zur Modellierung des Überwachungsmonitors nicht ausreicht.
- Wir wollen jetzt schrittweise eine digitale Schaltung für den Überwachungsmonitor entwickeln. Dazu codieren wir die unterschiedlichen Eingabewerte und die verschiedenen Zustände jeweils durch Dualzahlen. In der folgenden Übergangstabelle wird der Zustand nZ durch 0 und der Zustand aZ durch 1 kodiert. Ergänzen Sie die fehlenden Einträge zum Folgezustand und der Ausgabe. Begründen Sie mithilfe der Tabelle, warum die Ausgabe nicht nur von dem Eingabewert S abhängt.

Sensorwert S	aktueller Zustand	Folgezustand	Ausgabe
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

Tabelle 1

Eine erste Schaltung

Aufgabe 2

Begründen Sie, dass die folgende Schaltung die in der Wahrheitstabelle aus Tabelle 1 (vgl. Lösungen) angegebene Funktionalität realisiert. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Ausgabe des ODER-Bausteins zu Beginn 0 ist. Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu Ihnen bisher bekannten Schaltungen.

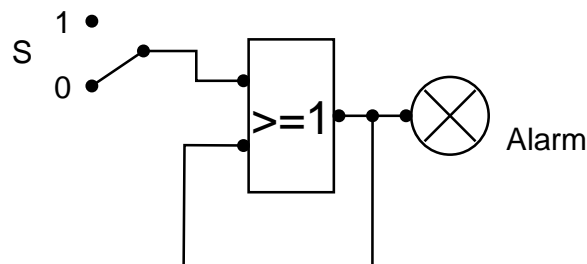
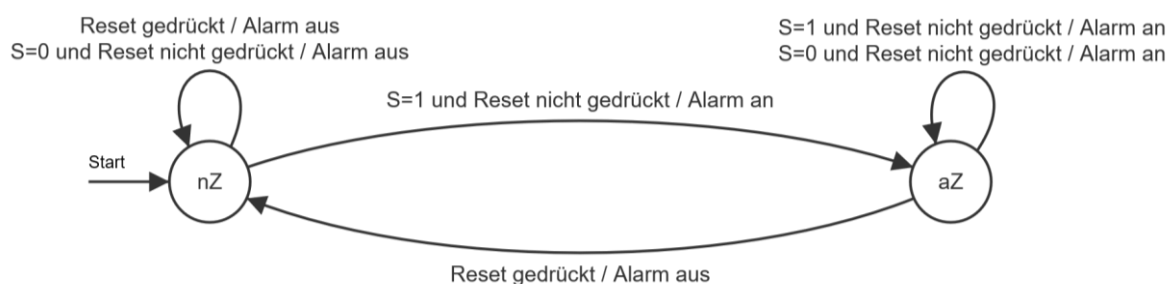


Abbildung 2

Erweiterung des Mealy-Automaten

Die bisherige Modellierung des Überwachungsmonitors ist unvollständig. Es sollte zusätzlich eine Möglichkeit geben, den Alarm wieder auszuschalten. Daher ergänzen wir unser Eingabealphabet um eine Eingabe R. Mittels Zurücksetzens (R) durch eine Pflegekraft kann nun der Alarm deaktiviert werden. Der Überwachungsmonitor wird somit durch folgenden Mealy-Automaten modelliert: Eingabealphabet $\Sigma = \{S=0 \text{ und Reset nicht gedrückt}, S=1 \text{ und Reset nicht gedrückt}, \text{Reset gedrückt}\}$, Ausgabealphabet $\Omega = \{\text{Alarm an}, \text{Alarm aus}\}$:



Aufgabe 3

- a) Da das Eingabealphabet aus drei Eingaben besteht, kodieren wir unsere Eingaben jetzt nicht mehr nur durch die Sensorwerte 0 und 1, sondern durch 00 (Reset nicht gedrückt und Sensorwert 0), 01 (Reset nicht gedrückt und Sensorwert 1) und 10 (Reset-Knopf wird gedrückt).

Vereinfachend können wir also einen Schalter R als Stellvertreter für das Drücken des Reset-Knopfes hinzufügen. Ergänzen Sie die folgende Übergangstabelle.

R	Sensorwert S	aktueller Zustand Z	Folgezustand Z	Ausgabe
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		

- b) Entwickeln Sie mithilfe der Übergangstabelle aus Aufgabenteil 1b) und den Überlegungen aus Aufgabe 2 eine digitale Schaltung für den Überwachungsmonitor.

Schaltnetze und Schaltwerke

Die Schaltung aus Abbildung 2 ist anders als die Schaltnetze, die Sie bisher kennengelernt haben. Neu ist die darin enthaltene Rückkopplung: der Ausgangswert der Schaltung wird wieder auf einen Eingang zurückgeführt. Auf diese Weise wird dafür gesorgt, dass der Ausgangswert nicht nur von den Eingangswerten, sondern auch vom aktuellen Zustand abhängt. Wir sprechen bei solchen Schaltungen von *Schaltwerken*.

Unterschiedliche Schaltwerke für den Überwachungsmonitor

Für die in Aufgabenteil 3b) gesuchte Schaltung des Überwachungsmonitors gibt es viele ganz unterschiedliche Lösungen. Zwei mögliche Schaltwerke sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

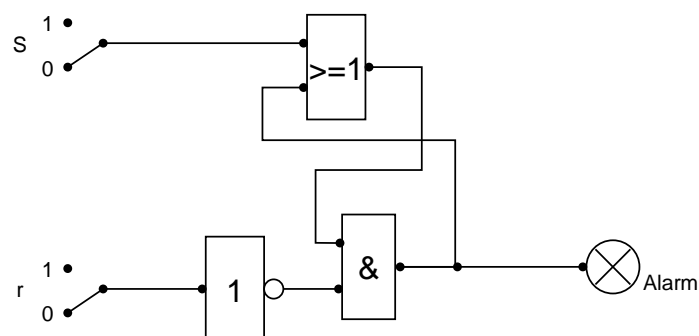


Abbildung 3: RS-FlipFlop

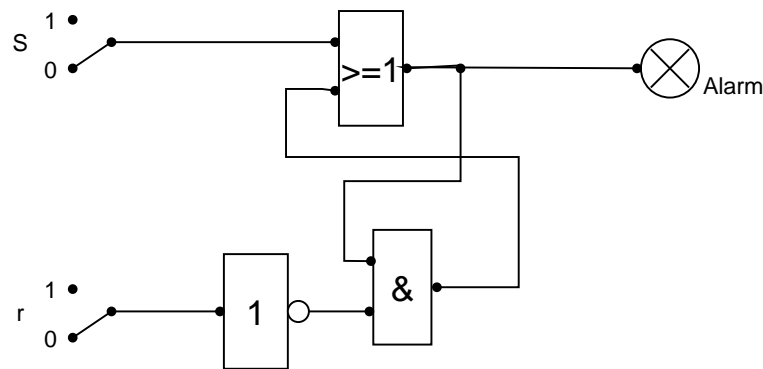


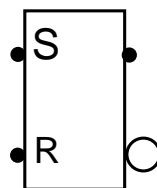
Abbildung 4: SR-FlipFlop

Aufgabe 4

- Vergleichen Sie die zwei Schaltwerke aus Abbildung 3 und Abbildung 4. Zeigen Sie, dass beide alle Anforderungen an die Schaltung des Überwachungsmonitors erfüllen.
- Die Beschreibung des Überwachungsmonitors geht nicht auf den Fall ein, dass exakt gleichzeitig der Sensor S den Wert 1 liefert und die Reset-Taste gedrückt wird. In der realen Anwendung wird so etwas auch sehr selten vorkommen. Untersuchen Sie, wie jeweils die Schaltwerke aus Abbildung 2 und Abbildung 3 auf die Eingabe S=1 und R=1 reagieren.
- Zeigen Sie anhand einer der beiden Schaltungen, dass bei einer an S=1 und R=1 anschließenden Eingabe von S=0 und R=0 das Ergebnis der Schaltung unbestimmt ist.

Zusammenfassung: RS-Flipflop

Sie haben in Abbildung 3 und Abbildung 4 Schaltungen mit Rückkopplung kennengelernt, die jeweils zwei stabile Zustände einnehmen können. Eine solche Schaltung zur Speicherung von einem Bit nennt man Flipflop. Das eben vorgestellte Flipflop ist ein sogenanntes RS-Flipflop. Dabei steht das S für „Set“ und das R für „Reset“, d.h. die Kombination S=1 und R=0 steht für „ein Bit setzen“ und die Kombination S=0 und R=1 für „Bit zurücksetzen“. S=0 und R=0 bedeutet der Speicherzustand, d.h. der zuletzt eingenommene Zustand bleibt erhalten. Für ein RS-Flipflop existiert ein eigenes Schaltsymbol:



Die Funktionsweise des RS-Flipflops wird durch folgende Tabelle beschrieben (dabei stellt \bar{Z} das Komplement von Z dar):

R	S	Z	\bar{Z}
0	0	Z_{alt}	\bar{Z}_{alt}
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	undefiniert	

Ein Flipflop ist somit ein Schaltwerk, das heißt ein Schaltnetz mit Rückkopplungen. Mit einem einzelnen Flipflop kann ein Bit gespeichert werden, zur Speicherung mehrerer Bits benötigt man also eine Kombination mehrerer Flipflops. Es gibt eine Vielzahl ganz unterschiedlicher Flipflops, die jeweils durch eigene Schaltsymbole dargestellt werden.

Ergänzung: In der Praxis verwendete Grundsaltung des RS-Flipflops

In der Praxis wird ein RS-Flipflop aus NOR-Gattern (bzw. alternativ aus NAND-Gattern) erzeugt. Eine solche Schaltung ist in Abbildung 5 dargestellt.

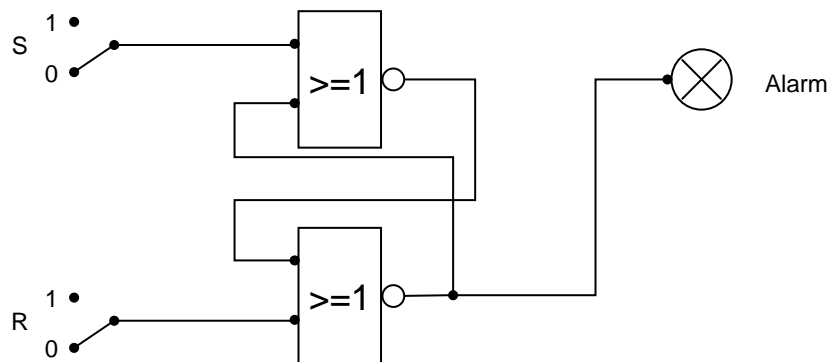


Abbildung 5: RS-Flipflop aus NOR-Gattern

Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Sie erlaubt Bearbeitungen und Weiterverteilung des Werks unter Nennung meines Namens und unter gleichen Bedingungen, jedoch keinerlei kommerzielle Nutzung.