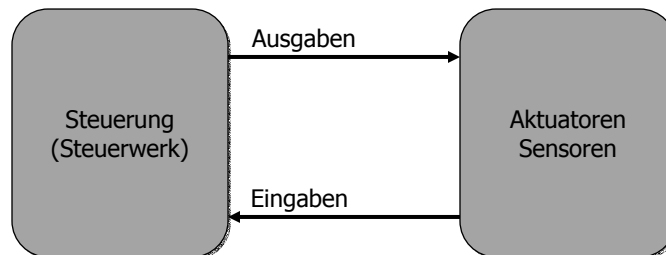


Rechnerstrukturen

3b. Endliche Automaten

Ziele

- Modellierung und Realisierung von Steuerungen
- Beispiele
 - Autoelektronik: ABS-System
 - Consumer: Kamera, Waschmaschine, CD-Player, ...
 - Steuerung technischer Anlagen



3b.2

Zustandsautomaten

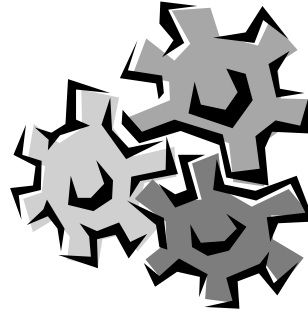
- Endliche Automaten

$$FSM = (\Theta, \sigma_0, f, E, A)$$

$$f: \Theta \times E \rightarrow \Theta \times A$$

$$(\sigma', a) = f(\sigma, e)$$

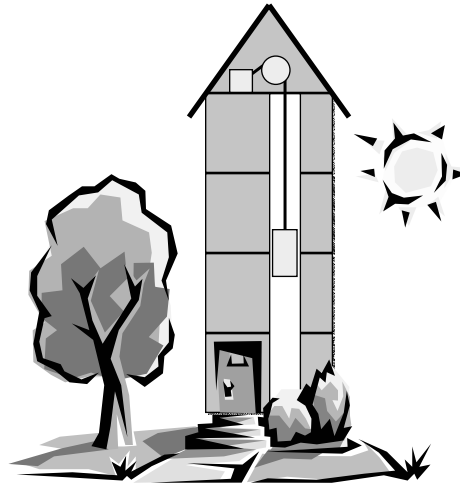
- Endliche Zustandsmenge Θ
- Ausgezeichneter Anfangszustand σ_0
- Übergangsfunktion f
- Eingabealphabet E
- Ausgabealphabet A



3b.3

Zustandsdiagramme

- Graph
 - Knoten: Zustände
 - Kanten: Eingaben und Zustandsübergänge
- Ausgaben?
- Beispiel: Aufzugsteuerung
 - Eingaben
 - Ausgaben
 - Zustände
- Ziel: Komfortsteuerung?



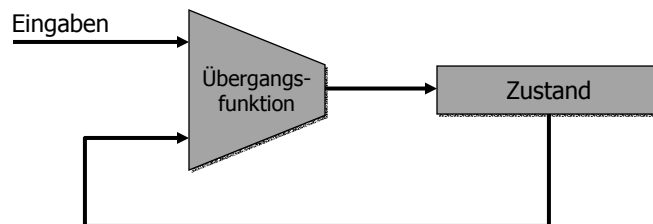
3b.4

Aufzugsteuerung

3b.5

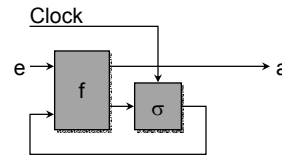
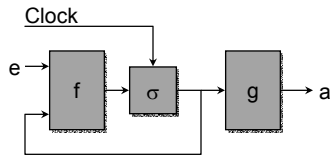
Automaten

- Umsetzung von Zustandsdiagrammen
 - Zustand: Bitvektor (Register)
 - Übergangsfunktion: Schaltnetz
- Zwei Varianten bzgl. Ausgabe
 - Moore-Automaten
 - Mealy-Automaten



3b.6

Moore- und Mealy-Automaten



- Moore

$$FSM = (\Theta, \sigma_0, f, g, E, A)$$

$$f: \Theta \times E \rightarrow \Theta, \quad \sigma' = f(\sigma, e)$$

$$g: \Theta \rightarrow A, \quad a = g(\sigma)$$

- Mealy

$$FSM = (\Theta, \sigma_0, f, E, A)$$

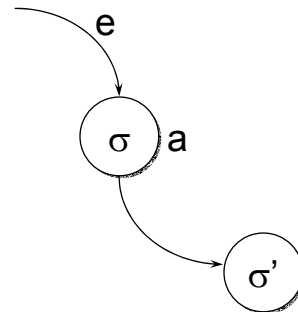
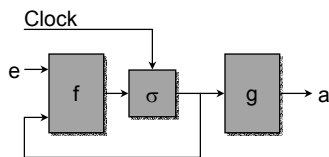
$$f: \Theta \times E \rightarrow \Theta \times A$$

$$(\sigma', a) = f(\sigma, e)$$

3b.7

Moore-Automaten

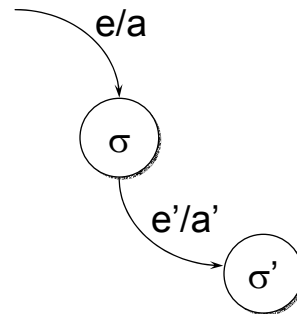
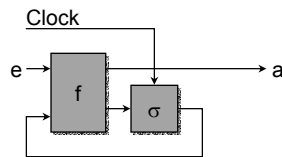
- Synchrone Ausgabe
- Ausgaben werden nur durch den Zustand bestimmt
 - Ausgaben im Zustandsdiagramm neben den Zuständen



3b.8

Mealy-Automaten

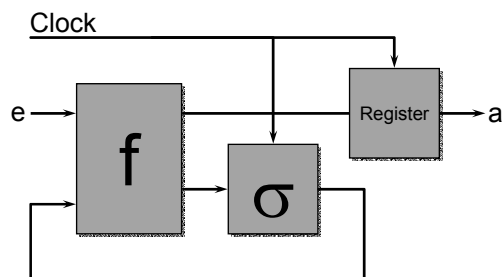
- Asynchrone Ausgabe
- Ausgaben werden durch Zustand und Eingaben bestimmt
 - Ausgaben im Zustandsdiagramm neben den Zustandsübergängen
- Benötigt häufig weniger Zustände als Moore-Automat
 - Warum?



3b.9

Synchrone Mealy-Automaten

- Vorteil
 - Weniger Zustände im Vergleich zu Moore-Automaten
- Nachteil
 - Asynchrone Ausgaben
- Lösung
 - Taktung der Ausgabe



3b.10

Übergangsfunktion

- Beschreibung durch Wahrheitstabelle
 - Mealy

$$(a, \sigma') = f(e, \sigma)$$

- Moore

$$\sigma' = f(e, \sigma)$$

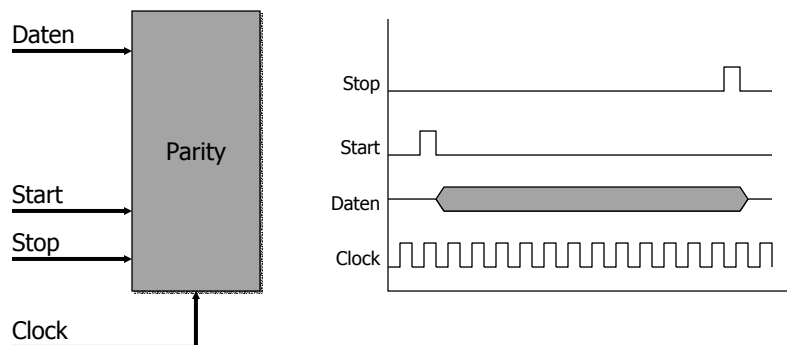
$$a = g(\sigma)$$

- Zustände minimieren
 - Hilfsautomaten
 - Systematisch
- Flip-Flop-Typ wählen
- Ansteuerungsfunktionen bestimmen und minimieren

3b.11

Paritätsprüfung

- Eingabe: Sequentieller Datenstrom
- Ausgabe: EVEN-Parity



3b.12

Zustandsdiagramm: Moore

3b.13

Übergangsfunktion

3b.14

Ansteuerung D-Flip-Flop

3b.15

Ansteuerung JK-Flip-Flop

3b.16

Projekt TVMUL: Iterative 8-Bit Multiplikation

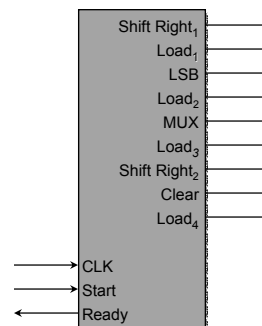
- Sequentielle Berechnung der partiellen Summen
- Steuerung der Abläufe
 - Steuerwerk
- Geringer Hardwareaufwand
- Höherer Zeitbedarf
- Bausteininventar:
 - 1 8-Bit Register
 - 1 8-Bit Schieberegister (parallel Ein- und Ausgabe)
 - 1 16-Bit Schieberegister (parallel Ein- und Ausgabe)
 - 1 8-Bit Addierer
 - 1 Flip-Flop
 - 1 1-Bit Halbaddierer



3b.17

TVMUL: Steuerwerk

- Übergeordnete Steuerung
 - Start (Eingang)
 - Argumente A und B liegen an
 - Multiplikation beginnen
 - Ready (Ausgang)
 - Resultat M verfügbar
 - CLK (Eingang)
 - Grundtakt
- Taktversorgung
 - Eigener Takt (intern)
 - Ein Grundtakt
 - Kleinster betrachteter Schritt
 - Kürzere Schritte nicht nutzbar
 - Mehrere Grundtakte
 - Komplizierte Versorgung
- Beschreibungs- und Realisierungstechniken?



3b.21

TVMUL: Moore-Zustandsdiagramm?

3b.22

TVMUL: Mealy-Zustandsdiagramm?

3b.24

Minimierung der Zustandsanzahl

3b.26

TVMUL: Minimierung der WAIT-Zustände?

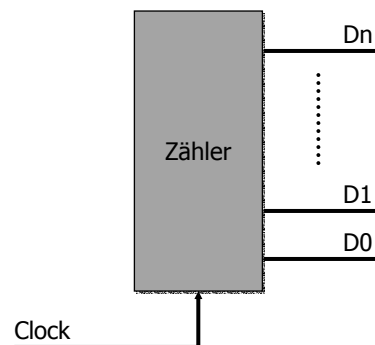
3b.27

TVMUL: Zusammenfassung der Iterationszustände?

3b.29

Zähler

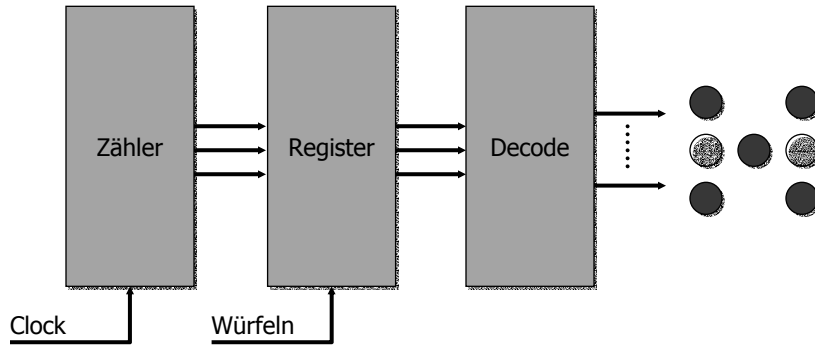
- Zustandsautomaten ohne zusätzliche Eingänge
 - Binärzähler (modulo k)
 - Excess-3-Code
 - Cray-Code
 - ...
- Optional asynchrones Reset



3b.31

Weihnachtsaufgabe

- Elektronischer Würfel



3b.32