

Aufgabe 1: Zahlenumwandlung mittels Tabellenspeicher

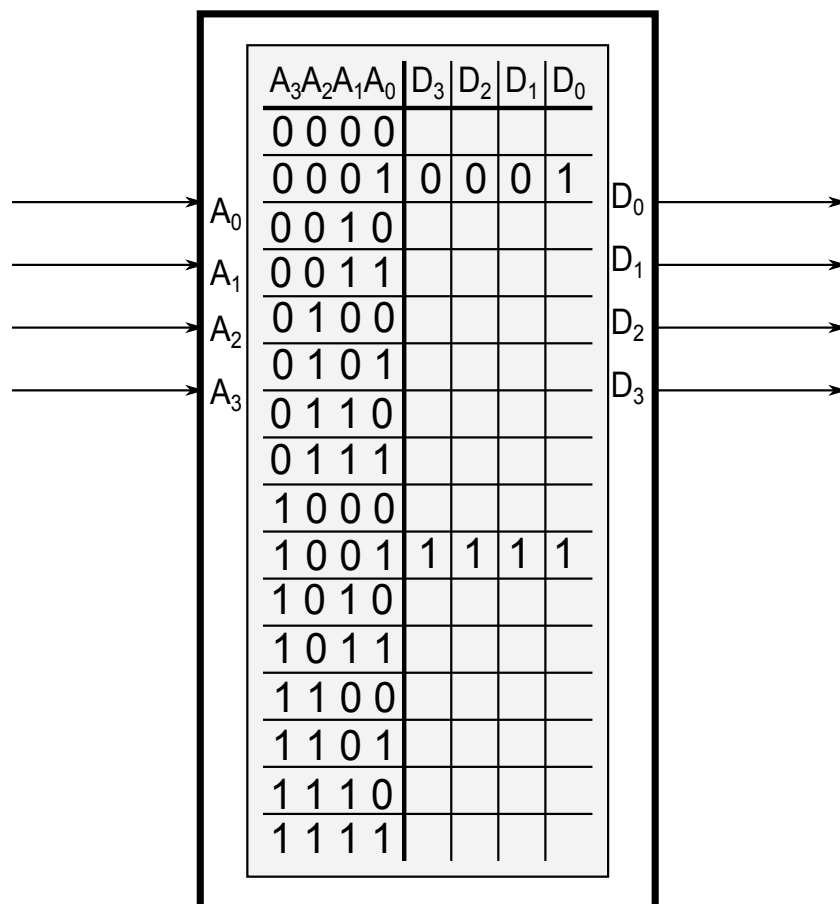
Konstruieren Sie eine Schaltung, die eine 4 Bit lange Binärzahl $(x_3x_2x_1x_0)_2$ von der Darstellung durch Vorzeichen und Betrag in die Zweierkomplementdarstellung $(y_3y_2y_1y_0)_2$ umwandelt. x_0 bzw. y_0 bezeichnet das *least significant bit (lsb)*, x_3 bzw. y_3 das *most significant bit (msb)*.

Beispiele (bereits im Speicher eingetragen):

- Die Zahl $(+1)_{10}$ wird von der Darstellung durch Vorzeichen und Betrag $(x_3x_2x_1x_0)_2 = (0001)_2$ in die Zweierkomplementdarstellung $(y_3y_2y_1y_0)_2 = (0001)_2$ umgewandelt.
- Die Zahl $(-1)_{10}$ wird von der Darstellung durch Vorzeichen und Betrag $(x_3x_2x_1x_0)_2 = (1001)_2$ in die Zweierkomplementdarstellung $(y_3y_2y_1y_0)_2 = (1111)_2$ umgewandelt.

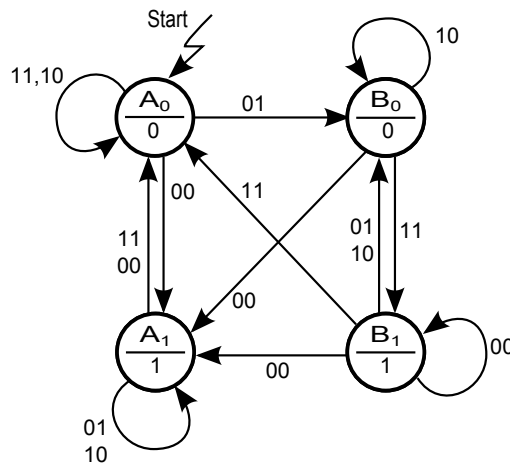
Realisieren Sie die Schaltung mit dem nachfolgenden 16×4 Tabellenspeicher indem Sie den Inhalt des Speichers (Spalten D_3 bis D_0) entsprechend belegen. Beschriften Sie die Ein-/Ausgänge mit $x_3 \dots x_0$ bzw. $y_3 \dots y_0$ gemäß ihrer Zuordnung zu den Speicherleitungen $A_3 \dots A_0$ bzw. $D_3 \dots D_0$.

Hinweis: Es handelt sich hier um einen konzeptionellen Tabellenspeicher, die konkrete Realisierung könnte beispielsweise mit einem ROM (vgl. Foliensatz 5, Folien 13f. bzw. Foliensatz 8, Folien 6ff.) erfolgen.

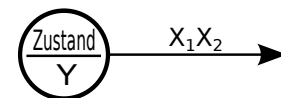


Aufgabe 2: Zustandsgraph – Wahr oder falsch?

Es ist folgender Zustandsgraph für ein Schaltwerk mit den Eingängen X_1 und X_2 sowie dem Ausgang Y gegeben:



Es gilt die folgende Notation:



Welche Aussagen treffen zu? Begründen Sie Ihre Antwort!

(1) Der Zustandsgraph ist vollständig.	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(2) Der dargestellte Automat ist nicht deterministisch.	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(3) Dem dargestellten Zustandsgraphen liegt ein Moore-Schaltwerk zugrunde.	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(4) In Zustand B_1 erfolgt die Ausgabe '00'.	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(5) Nach einem Reset startet der Automat im Zustand A_1 .	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(6) Liegt an beiden Eingängen mindestens zwei Takte lang '1' an, befindet sich das Schaltwerk auf jeden Fall in Zustand A_0 .	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch
(7) Damit das Schaltwerk startet, muss an allen Eingängen '0' anliegen.	<input type="checkbox"/> richtig <input type="checkbox"/> falsch

Aufgabe 3: Zustandsgraph – Mealy vs. Moore

Es ist ein synchrones Schaltwerk mit einem Eingang und einem Ausgang zu entwerfen, das eine beliebig lange Bitfolge einliest. Am Ausgang soll jeweils logisch 1 ausgegeben werden, wenn die bisher gelesene Anzahl der 1en gerade war, anderenfalls soll logisch 0 ausgegeben werden.

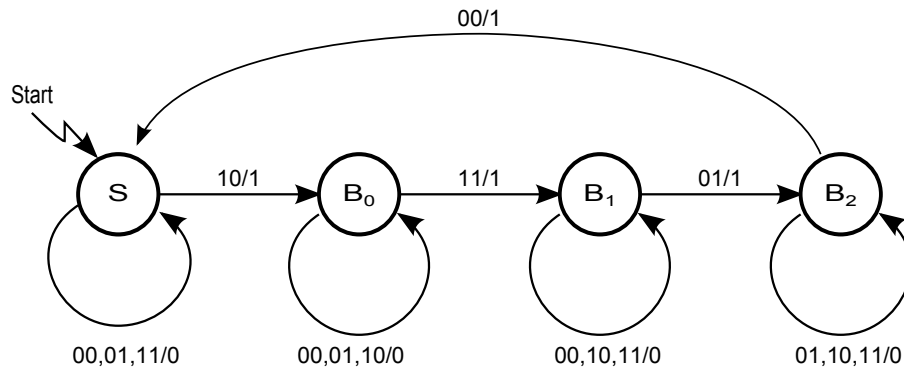
Beispiel:

Eingang	=	101001110
Ausgang (Mealy)	=	001110100
Ausgang (Moore)	=	1001110100

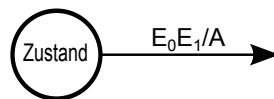
- Zeichnen Sie den Zustandsgraphen eines entsprechenden Mealy-Schaltwerks.
- Zeichnen Sie den Zustandsgraphen eines entsprechenden Moore-Schaltwerks.

Aufgabe 4: Mealy-Schaltwerk

Der folgende Zustandsgraph eines Schaltwerks ist gegeben:



Es gilt die folgende Notation:



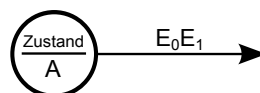
- Analysieren und erklären Sie die Funktion dieses Schaltwerks.
- Erstellen Sie für dieses Schaltwerk eine Tabelle der Zustandsübergänge. Benutzen Sie dafür die nachfolgend angegebene dichte Zustandskodierung:

P	Q	Zustand
0	0	S
0	1	B ₀
1	0	B ₁
1	1	B ₂

E_0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
E_1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Q	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	S				B_0				B_1				B_2			
D_P																
D_Q																
A																

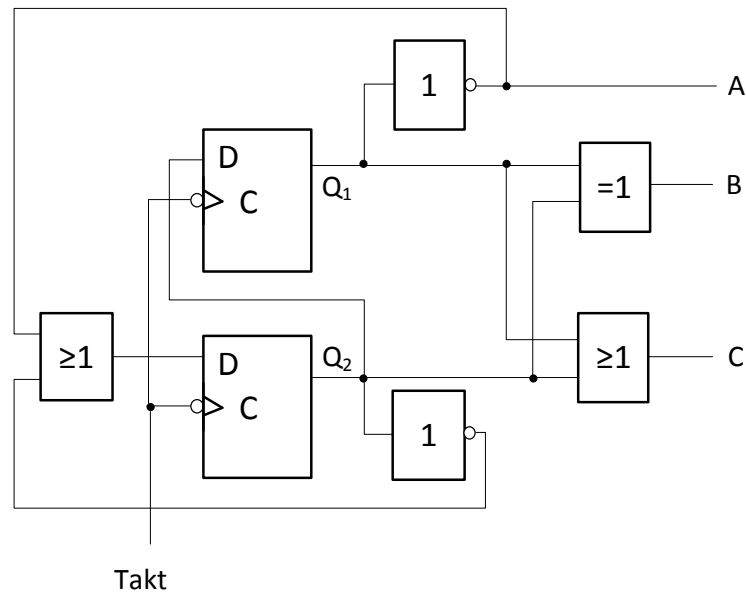
Aufgabe 5: Mealy-Moore-Transformation

Transformieren Sie das Mealy-Schaltwerk aus Beispiel 4 in ein Moore-Schaltwerk. Verwenden Sie dabei die folgende Notation für die Zustände und Zustandsübergänge des Moore-Automaten:

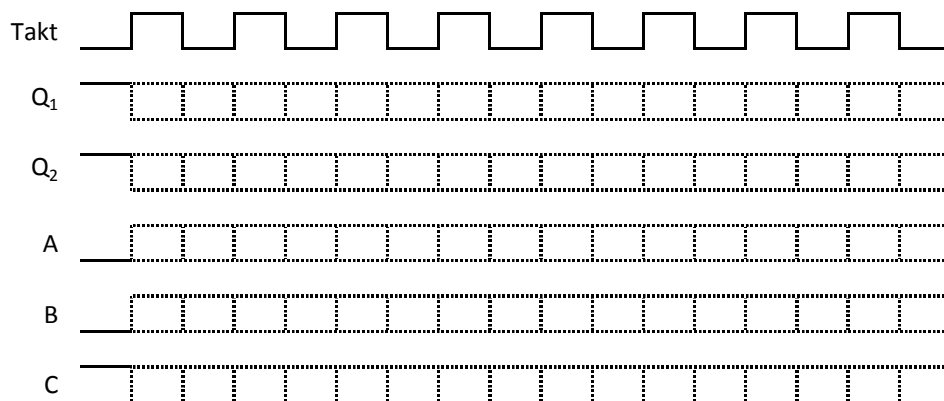


Aufgabe 6: Timing

Es ist folgende Schaltung gegeben:



Überlegen Sie sich die Funktionsweise der Schaltung und vervollständigen Sie das nachfolgende Timing-Diagramm. Gehen Sie von *negativer* Flankentriggerung aus.



Aufgabe 7: Maximale Taktfrequenz

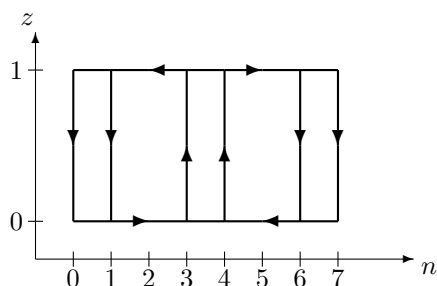
Gegeben ist das Schaltwerk aus Aufgabe 6.

- Bestimmen Sie die Komponenten von Übergangs- und Ausgangsfunktion der Schaltung. Welche Funktion muss bei der Berechnung der maximalen Taktfrequenz berücksichtigt werden?
- Berechnen Sie die maximale Taktfrequenz für das Schaltwerk, wobei die folgenden Angaben gelten:

Gatterlaufzeit NOT:	10 ns
Gatterlaufzeit AND, OR, XOR:	15 ns
Durchlaufzeit D-Latch:	50 ns
Vorbereitungszeit D-Latch:	5 ns
Haltezeit D-Latch:	3 ns
Maximale Taktfrequenz D-Latch:	10 MHz

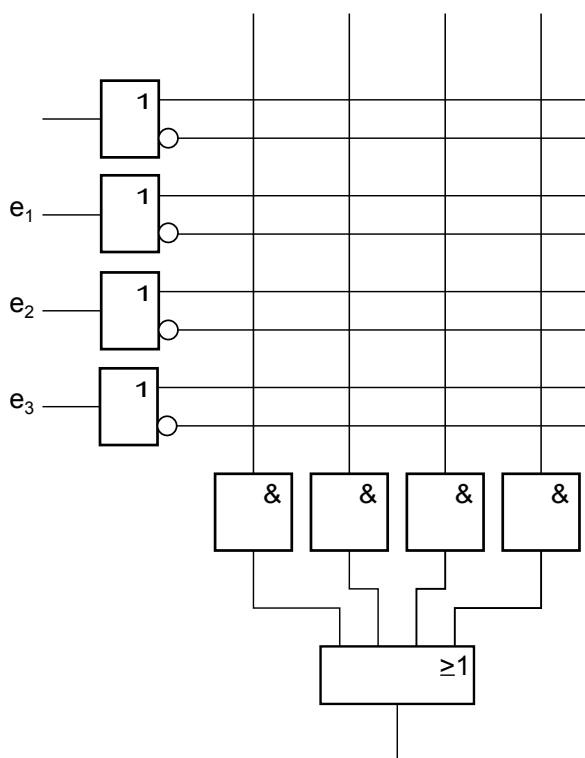
Aufgabe 8: Realisierung einer Hysteresefunktion

Konstruieren Sie ein Moore-Schaltwerk mit drei Eingangsvariablen e_1 , e_2 und e_3 und der Ausgangsvariablen z . Die Eingangsvariablen werden als dreistellige Binärzahl n im Bereich $0 \dots 7$ (mit e_1 als *msb*) interpretiert. Das Schaltwerk soll, gesteuert durch den Eingangswert n , die folgende Schaltfunktion realisieren:



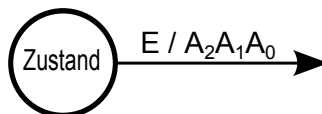
- Ist der Ausgang '0', soll er im nächsten Schritt auf '1' wechseln, falls $3 \leq n \leq 4$ erfüllt ist. Sonst soll der Ausgang unverändert bleiben.
- Ist der Ausgang '1', soll er im nächsten Schritt auf '0' wechseln, sofern die Bedingung $n \leq 1$ oder $n \geq 6$ erfüllt ist. Anderenfalls soll der Ausgang unverändert bleiben.

- Entwerfen Sie einen Moore-Automaten, der die oben beschriebene Aufgabe löst.
- Erstellen Sie die Tabelle der Zustandsübergänge (vgl. Lehrbuch *Einführung in die Technische Informatik*, S. 112). Verwenden Sie dabei eine dichte Zustandskodierung. Geben Sie die Ausgabefunktion an und ermitteln Sie mittels KV-Diagramm die vereinfachte Übergangsfunktion.
- Konstruieren Sie die zugehörige Schaltung. Tragen Sie hierzu die Übergangsfunktion in das nachfolgende PAL ein und ergänzen Sie Latch(es) sowie Ausgabefunktion im Freiraum rund um das PAL:



Aufgabe 9: Zustandsgraph eines Mealy-Schaltwerks

Zeichnen Sie den Zustandsgraphen eines Mealy-Schaltwerks, das der nachfolgenden Beschreibung entspricht. Verwenden Sie die folgende Notation:



Das Schaltwerk soll – in Abhängigkeit von einem binären Eingang E – die Zahlenfolgen 0 bis 3 bzw. 0 bis -3 als 3 Bit lange Zweierkomplementzahl ($A_2A_1A_0$, mit A_0 als *lsb*) ausgeben:

- Wenn der Eingang '0' ist, sollen der Reihe nach die Zahlen $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ausgegeben werden. Wenn 3 erreicht ist, soll die Sequenz im nächsten Schritt wieder bei 0 beginnen.
- Ist der Eingang '1', sollen die Zahlen $0 \rightarrow -1 \rightarrow -2 \rightarrow -3$ ausgegeben werden. Sobald -3 erreicht ist, soll die Sequenz im nächsten Schritt wieder bei 0 beginnen.
- Wenn sich der Eingang ändert, soll unmittelbar in die andere Sequenz gewechselt werden (siehe Beispiel).
- Vom Startzustand ausgehend soll die Zahl 0 ausgegeben werden.

Beispiel: $0 \xrightarrow{E=1} -1 \xrightarrow{E=0} 2 \xrightarrow{E=0} 3 \xrightarrow{E=0} 0 \xrightarrow{E=1} -1 \xrightarrow{E=1} -2 \xrightarrow{E=1} -3 \xrightarrow{E=1} 0 \xrightarrow{E=0} 1 \xrightarrow{E=0} 2 \dots$

Aufgabe 10: Schaltwerkentwicklung – Kaffeemaschine / Teil 1

Entwerfen Sie ein Moore-Schaltwerk für die getaktete Steuerung einer Kaffeemaschine, die folgendermaßen funktionieren soll:

Zustandsübergänge erfolgen ausschließlich zum Takt. Nach dem Einschalten befindet sich die Kaffeemaschine solange im Zustand "Standby", bis die Start-Taste gedrückt wird. Die Kaffeemaschine wechselt dann in den Zustand "Heizen" und beginnt Wasser zu erhitzen. Danach wechselt die Maschine in den Zustand "Zubereiten". Wurde der Kaffee erfolgreich zubereitet, kehrt die Kaffeemaschine in den "Standby"-Modus zurück.

Die Kaffeemaschine verfügt über Sensoren zur Erkennung technischer Fehler. Tritt ein technischer Fehler auf, wechselt der Automat unverzüglich in den Zustand "Fehler" und verharrt dort, bis der Fehler beseitigt ist. Das ist z.B. der Fall, wenn der Wassertank leer ist, ein Defekt im Heizsystem erkannt wird oder der Filter verstopft ist. Wurde der Fehler behoben, kehrt die Kaffeemaschine wieder in den Zustand "Standby" zurück. Ein Betätigen der Start-Taste in den Zuständen "Heizen", "Zubereiten" oder "Fehler" hat keine Auswirkungen und wird ignoriert.

Zwei Eingangssignale stehen zur Verfügung: Am Signal "OK" liegt bei Vorliegen eines Fehlers logisch '1' an. Das Signal "Start" liefert den Zustand der Start-Taste. Logisch '1' bedeutet, dass die Start-Taste gedrückt wurde.

Ausgangsseitig werden 2 LEDs angesteuert: Solange kein Fehler auftritt, soll eine grüne LED aufleuchten. Tritt ein Fehler auf, eine rote. Eine LED leuchtet auf, wenn das zugehörige Steuersignal den Wert logisch '1' annimmt.

Verwenden Sie folgende Zustandskodierung:

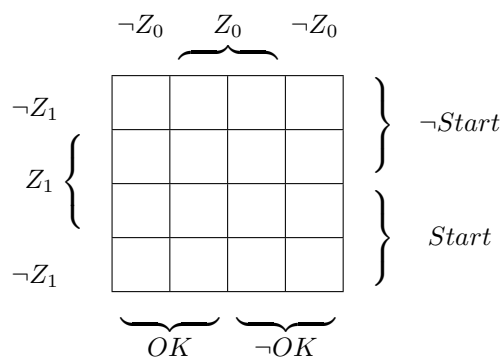
Zustand	Z_1Z_0
Standby	11
Heizen	10
Zubereiten	01
Fehler	00

- Geben Sie den resultierenden Zustandsgraph unter Angabe Ihrer verwendeten Notation an.
- Befüllen Sie nachfolgende Wahrheitstabelle (\rightarrow nächste Seite) für Übergangs- und Ausgangsfunktion.
Hinweis: Sofern Sie Don't Cares verwenden, werden möglicherweise nicht alle Zeilen benötigt!

Zustand		Eingänge		Übergangsfunktion		Ausgangsfunktion	
Z_1	Z_0	OK	Start	D_{Z_1}	D_{Z_0}	rote LED	grüne LED

- c) Vereinfachen Sie die Übergangsfunktion mit Hilfe der nachfolgenden KV-Diagramme. Wie lautet die minimierte Übergangsfunktion in *konjunktiver* Form?

D_{Z_1} :



D_{Z_0} :

