

„Technische Informatik I“ SS 2005

Hauck, Schmied, De Melis, Guenkova-Luy

Übungsblatt 3 – Sequentielle Logik (Flip-Flops, Zustandsmaschinen, Nichtsystematischer Schaltungsentwurf)

1

Flip-Flops Wahrheits- und Übergangstabellen

- Wahrheitstabellen

JK-Flip-Flop

J	K	Q'
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	\overline{Q}

D-Flip-Flop

D	Q'
0	0
1	1

T-Flip-Flop

T	Q'
0	Q
1	\overline{Q}

- Übergangstabellen

JK-Flip-Flop

Q	Q'	J	K
0	0	0	D
0	1	1	D
1	0	D	1
1	1	D	0

D-Flip-Flop

Q	Q'	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

T-Flip-Flop

Q	Q'	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2

Entwurf einer Zustandsmaschine

Systematische Vorgehensweise:

1. Aufstellen eines Zustandsdiagramms
2. Aufstellen einer Zustandstabelle
3. Auswahl einer binären Zustandskodierung und Generierung einer binären Zustandstabelle
4. Auswahl eines Flip-Flop Typs, Erstellung einer Flip-Flop Ansteuerungstabelle und der Ansteuerungsgleichungen
5. Ermittlung der Ausgabegleichungen
6. Minimierung von Ansteuerungs- und Ausgabegleichungen
7. Technische Realisierung

Wichtig!!!

Moore Automat – Ausgang ist nur von Zustand abhängig

Mealy Automat – Ausgang ist von Eingang und von Zustand abhängig

3

Moore- und Mealy-Automaten

Moore und Mealy – Beschriftung der Zustandstabellen

Moore – 2 Tabellen (Zustand+Ausgang, Übergänge)

	FF-Zustände	Automaten Ausgänge
Zustände		

FF-Zustände (T_n)	FF-Eingänge	FF-Zustände (T_{n+1})	FF-Ausgänge

Mealy – 2 Tabellen (Zustand, Übergänge+Ausgang)

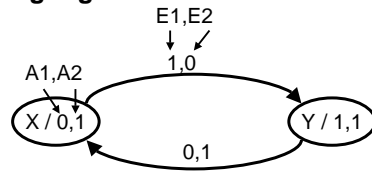
	FF-Zustände
Zustände	

FF-Zustände (T_n)	FF-Eingänge	FF-Zustände (T_{n+1})	FF-Ausgänge	Automaten Ausgänge

4

Moore- und Mealy-Automaten

Moore – Übertragung in die Tabellen



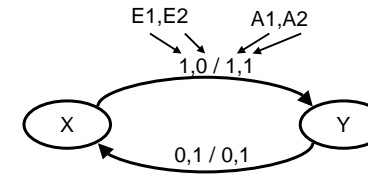
	FF-Zustände (Q1, Q0)	Automaten Ausgänge (A1,A2)
Zustände (X, Y)	X=00, Y=10 Freiwählbar!	A1=01, A2=11

FF-Zustände (T _n) Q1, Q0	FF-Eingänge E1,E2	FF-Zustände (T _{n+1}) Q1', Q0'	FF-Ausgänge Abhängig von FF-Typ
---	----------------------	---	------------------------------------

5

Moore- und Mealy-Automaten

Mealy – Übertragung in die Tabellen



	FF-Zustände (Q1, Q0)
Zustände (X, Y)	X=00, Y=10 Freiwählbar!

FF-Zustände (T _n) Q1, Q0	FF-Eingänge E1,E2	FF-Zustände (T _{n+1}) Q1', Q0'	FF-Ausgänge Abhängig von FF-Typ	Automaten Ausgänge A1, A2
---	----------------------	---	------------------------------------	------------------------------

6

Aufgabe – Schaltwerk – Aufgabe

- Der Automat ist eine Teigmaschine
- Zustände:
 - STOP(S): Der Automat steht. Durch drücken des Tasters S1=1 wird der Automat in Betrieb genommen. Danach -> ZUGABE
 - ZUGABE(Z): Backmischung wird zugegeben. Zugabe wird mit den Signal BM=1 angezeigt. Danach -> MILCH
 - MILCH(M): Milch wird zugegeben und mit den Ausgang MI=1 angezeigt. Danach -> RÜHREN
 - RÜHREN(R): Ausgang RM=1 zeigt die Bewegung des Rührmotors. Eingänge K (Konsistenz) und F (Fertig). K=1 Konsistenzmessung ist erfolgt. F=0 (Teig ist fest) ->MILCH, F=1(Teig ist fertig)->STOP.
- Not-Taster S0=1, setzt den Automaten in STOP.

Alternative Lösung/Unteraufgaben dieser Aufgabe ist bei der Informatik-Fachschaft zu bekommen (Klausur TI von März 2005)

7

Aufgabe – Schaltwerk – Notation

- Kurze Notation der Übergänge:

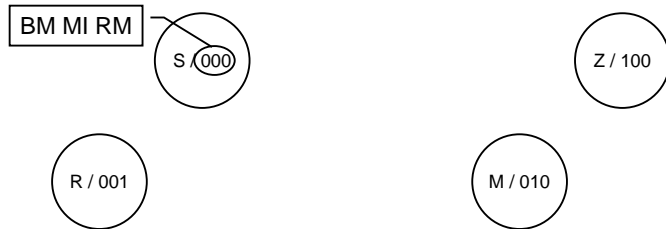
Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

8

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangsdiagramm

Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

Diagramm Moore-Automat (Ausgänge)

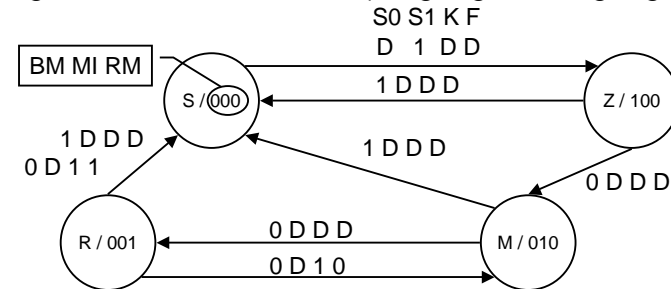


9

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangsdiagramm

Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

Diagramm Moore-Automat (Eingänge, Übergänge)

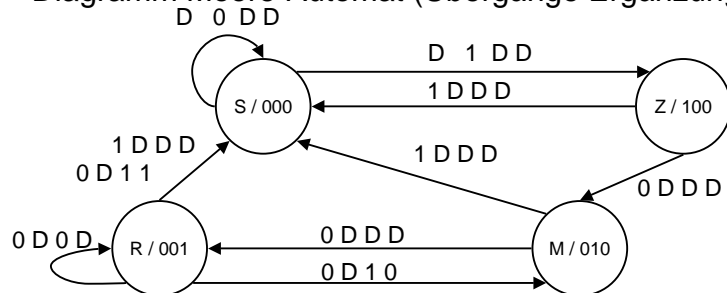


10

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangsdiagramm

Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

Diagramm Moore-Automat (Übergänge Ergänzung)



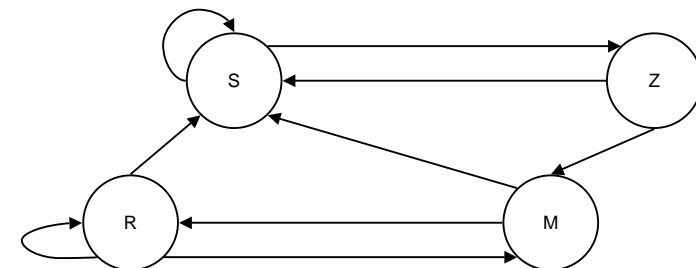
Ergänzung – Jeder Zustand muss eine vollständige Kodierung (z.B. hier: Alle Binärwerte zwischen 0000 und 1111) der Übergänge aufweisen.

11

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangsdiagramm

Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

Diagramm Mealy-Automat (Selber schreiben! – 10min)

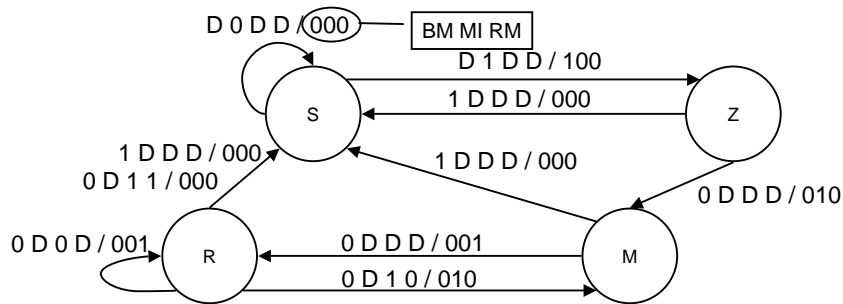


12

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangsdiagramm

Alter Zustand	Neuer Zustand	Eingänge	Ausgänge
S	Z	S1=1	-
Z	M	S0=0	BM=1
Z	S	S0=1	BM=1
M	R	S0=0	MI=1
M	S	S0=1	MI=1
R	M	S0=0, K=1, F=0	RM=1
R	S	S0=0, K=1, F=1 / S0=1	RM=1

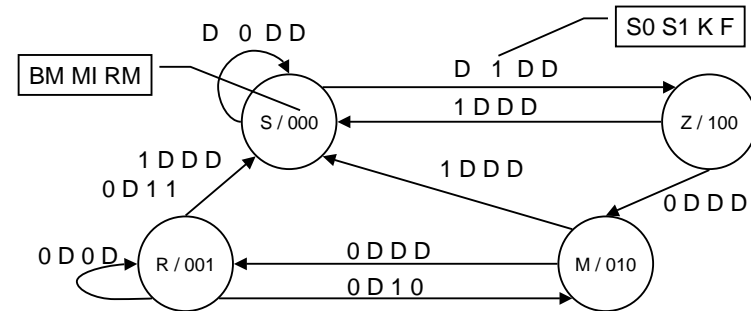
Diagramm Mealy-Automat (Lösung)



13

Aufgabe – Schaltwerk – Zustandskodierung

Zustandskodierung und Ausgänge (Moore)



Zustand	Q1	Q0	BM	MI	RM
S	0	0	0	0	0
Z	0	1	1	0	0
M	1	0	0	1	0
R	1	1	0	0	1

$$BM = \overline{Q1} \cdot Q0$$

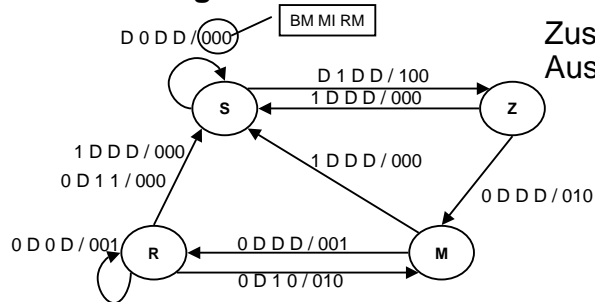
$$MI = Q1 \cdot \overline{Q0}$$

$$RM = Q1 \cdot Q0$$

14

Aufgabe – Schaltwerk – Zustandskodierung

Zustandskodierung und Ausgänge (Mealy)



Übergänge	Q1	Q0	S0	S1	K	F	BM	MI	RM
S->S	0	0	D	0	D	D	0	0	0
S->Z	0	0	D	1	D	D	1	0	0
Z->S	0	1	1	D	D	D	0	0	0
Z->M	0	1	0	D	D	D	0	1	0
M->S	1	0	1	D	D	D	0	0	0
M->R	1	0	0	D	D	D	0	0	1
R->S	1	1	1	D	D	D	0	0	0
R->S	1	1	0	D	1	1	0	0	0
R->M	1	1	0	D	1	0	0	1	0
R->R	1	1	0	D	0	D	0	0	1

$$BM = \overline{Q1} \cdot \overline{Q0} \cdot S1$$

$$MI = Q1 \cdot Q0 \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot Q0 \cdot \overline{S0} \cdot K \cdot F$$

$$RM = Q1 \cdot Q0 \cdot S0 + Q1 \cdot Q0 \cdot S0 \cdot K$$

Wichtig!!!

Mealy Automat – FF Ansteuerung NICHT mit Ausgangsansteuerung verwechseln

15

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangstabelle

Auswahl der FFs – T-FFs

Übergänge	Q1	Q0	S0	S1	K	F	Q1'	Q0'	T1	T0
S->S	0	0	D	0	D	D	0	0	0	0
S->Z	0	0	D	1	D	D	0	1	0	1
Z->S	0	1	1	D	D	D	0	0	0	1
Z->M	0	1	0	D	D	D	1	0	1	1
M->S	1	0	1	D	D	D	0	0	1	0
M->R	1	0	0	D	D	D	1	1	0	1
R->S	1	1	1	D	D	D	0	0	1	1
R->S	1	1	0	D	1	1	0	0	1	1
R->M	1	1	0	D	1	0	1	0	0	1
R->R	1	1	0	D	0	D	1	1	0	0

16

Aufgabe – Schaltwerk – Ausgabegleichungen

Auswahl der FFs – T-FFs

Übergänge	Q1	Q0	S0	S1	K	F	Q1'	Q0'	T1	T0
S->S	0	0	D	0	D	D	0	0	0	0
S->Z	0	0	D	1	D	D	0	1	0	1
Z->S	0	1	1	D	D	D	0	0	0	1
Z->M	0	1	0	D	D	D	1	0	1	1
M->S	1	0	1	D	D	D	0	0	1	0
M->R	1	0	0	D	D	D	1	1	0	1
R->S	1	1	1	D	D	D	0	0	1	1
R->S	1	1	0	D	1	1	0	0	1	1
R->M	1	1	0	D	1	0	1	0	0	1
R->R	1	1	0	D	0	D	1	1	0	0

$$T1 = \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot \overline{Q0} \cdot S0 + Q1 \cdot Q0 \cdot S0 + Q1 \cdot Q0 \cdot \overline{S0} \cdot K \cdot F$$

17

Aufgabe – Schaltwerk – Ausgabegleichungen

Auswahl der FFs – T-FFs

Übergänge	Q1	Q0	S0	S1	K	F	Q1'	Q0'	T1	T0
S->S	0	0	D	0	D	D	0	0	0	0
S->Z	0	0	D	1	D	D	0	1	0	1
Z->S	0	1	1	D	D	D	0	0	0	1
Z->M	0	1	0	D	D	D	1	0	1	1
M->S	1	0	1	D	D	D	0	0	1	0
M->R	1	0	0	D	D	D	1	1	0	1
R->S	1	1	1	D	D	D	0	0	1	1
R->S	1	1	0	D	1	1	0	0	1	1
R->M	1	1	0	D	1	0	1	0	0	1
R->R	1	1	0	D	0	D	1	1	0	0

$$T0 = \overline{Q1} \cdot \overline{Q0} \cdot S1 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot S0 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot \overline{Q0} \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot Q0 \cdot S0 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot \overline{S0} \cdot K \cdot F + Q1 \cdot Q0 \cdot \overline{S0} \cdot K \cdot \overline{F}$$

$$T0 = \overline{Q1} \cdot \overline{Q0} \cdot S1 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot S0 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot \overline{Q0} \cdot \overline{S0} + Q1 \cdot Q0 \cdot S0 + \overline{Q1} \cdot Q0 \cdot \overline{S0} \cdot K \quad (\text{Kurze Minimierung})$$

18

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangstabelle

Auswahl der FFs – JK-FFs + „J0“ Ansteuerungsgleichung
(Selber schreiben! – 15min)

Q1	Q0	S0	S1	K	F	Q1'	Q0'	J1	K1	J0	K0
0	0	D	0	D	D	0	0				
0	0	D	1	D	D	0	1				
0	1	1	D	D	D	0	0				
0	1	0	D	D	D	1	0				
1	0	1	D	D	D	0	0				
1	0	0	D	D	D	1	1				
1	1	1	D	D	D	0	0				
1	1	0	D	1	1	0	0				
1	1	0	D	1	0	1	0				
1	1	0	D	0	D	1	1				

19

Aufgabe – Schaltwerk – Übergangstabelle

Auswahl der FFs – JK-FFs + „J0“ Ansteuerungsgleichung (Lösung)

Q1	Q0	S0	S1	K	F	Q1'	Q0'	J1	K1	J0	K0
0	0	D	0	D	D	0	0	0	D	0	D
0	0	D	1	D	D	0	1	0	D	1	D
0	1	1	D	D	D	0	0	0	D	D	1
0	1	0	D	D	D	1	0	1	D	D	1
1	0	1	D	D	D	0	0	D	1	0	D
1	0	0	D	D	D	1	1	D	0	1	D
1	1	1	D	D	D	0	0	D	1	D	1
1	1	0	D	1	1	0	0	D	1	D	1
1	1	0	D	1	0	1	0	D	0	D	1
1	1	0	D	0	D	1	1	D	0	D	0

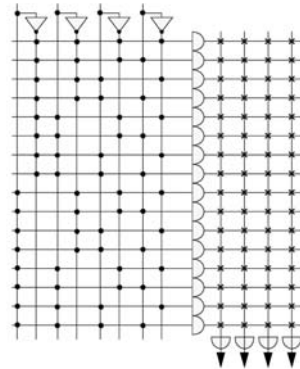
$$J0 = \overline{Q1} \cdot \overline{Q0} \cdot S1 + Q1 \cdot \overline{Q0} \cdot \overline{S0}$$

20

Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung

- Wie groß muss die UND Matrix eines PROMs sein um die Teigmaschinen-Aufgabe realisieren zu können?
- Wie hängt der Anzahl der benutzten Ausgänge der ODER Matrix vom Typ des gewählten Flip-Flops

- Schematische Darstellung eines PROM
- ◆ Adressdekor als feste UND-Matrix (Minterme über Adressleitungen)
- ◆ Koppellemente als programmierbare ODER-Matrix



Selber schreiben! – 10min

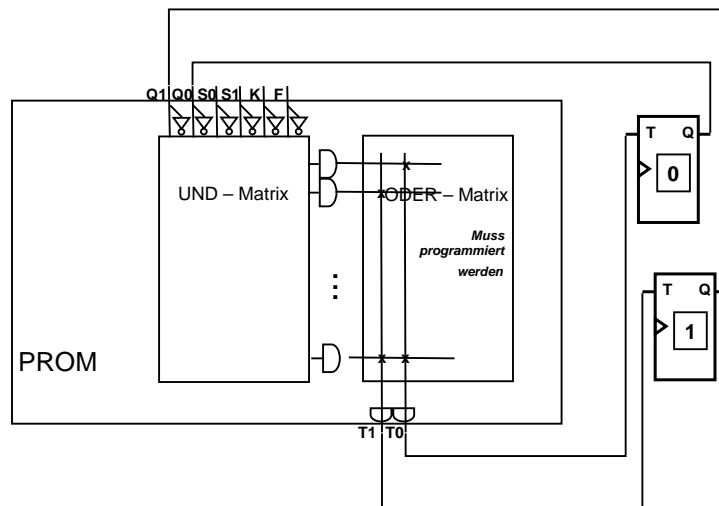
21

Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung

- Wie groß muss die UND Matrix eines PROMs sein um die Teigmaschinen-Aufgabe realisieren zu können? (Lösung)
 - 6 Signale (Q1, Q0, S0, S1, K, F) zur Ansteuerung der FFs
 - 6 x 2 Matrixeingänge (6-Positiv, 6-Negativ) -> **12 Eingänge**
 - 4 Eingänge des Automaten (S0, S1, K, F) -> 2⁴ Übergangssignale pro Zustand -> 16 Ausgänge
 - 4 Zustände x 16 Ausgänge -> **64 Ausgänge der UND Matrix**
 - **> 12 x 64 UND Matrix**
- Wie hängt der Anzahl der benutzten Ausgänge der ODER Matrix vom Typ des gewählten Flip-Flops (Lösung)
 - T-FFs benutzen 2 Ausgänge
 - JK-FFs – 4 Ausgänge

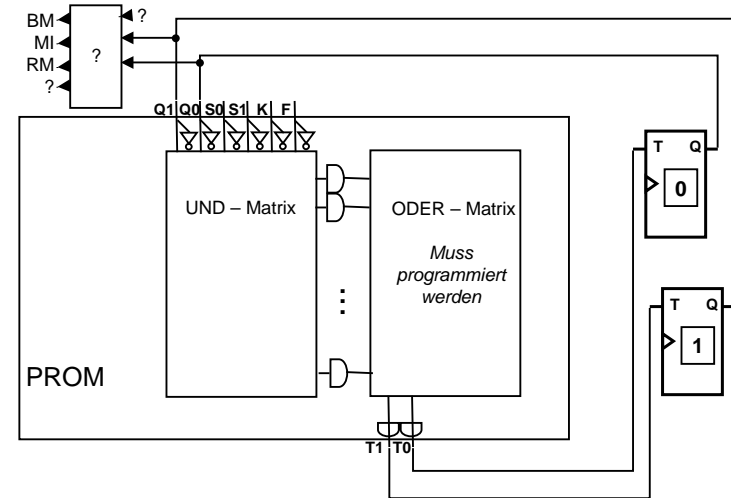
22

Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung



23

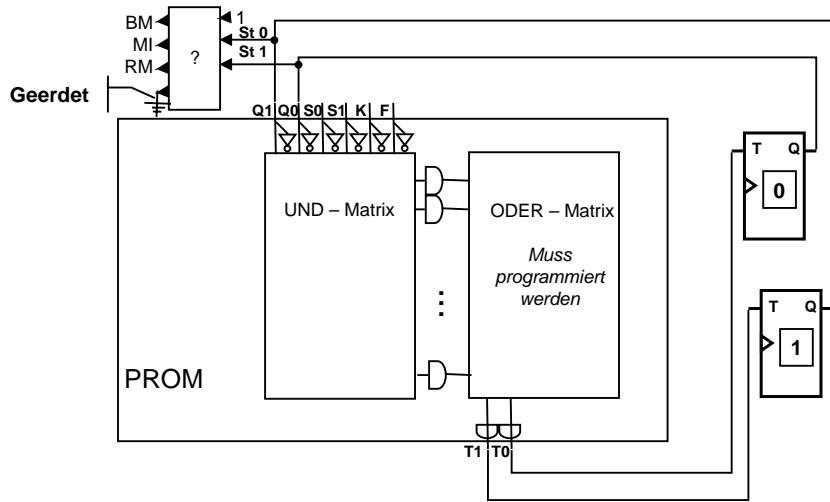
Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung



Welcher fertiger elektrischer Baustein kann für die Realisierung der Ausgabe benutzt werden? (2 min Überlegen!)

24

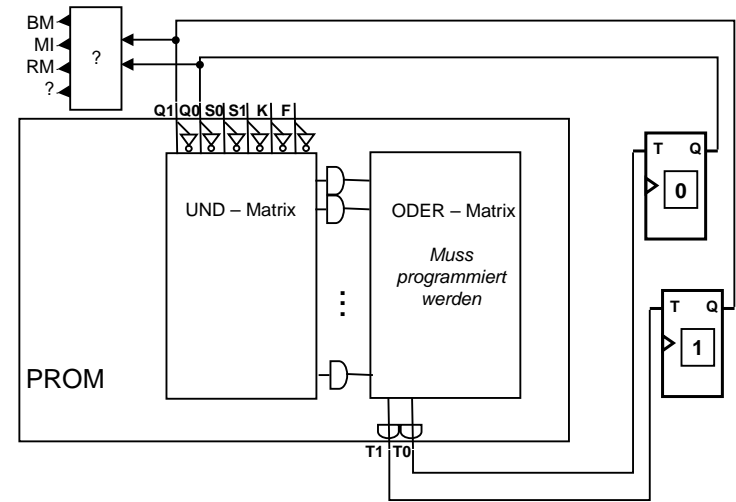
Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung



Lösung – De-Multiplexer (Nur die Steuereingänge werden aktiv benutzt)

25

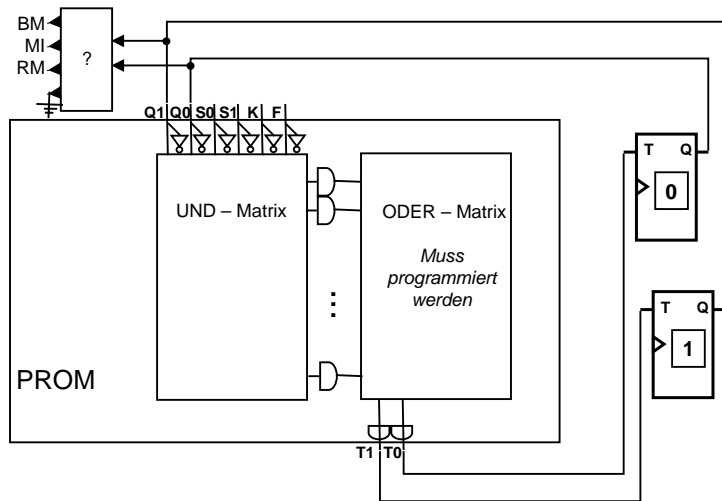
Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung



Welcher fertiger elektrischer Baustein kann für die Realisierung der Ausgabe benutzt werden?
(2 min Überlegen!)

26

Aufgabe – Schaltwerk – Technische Realisierung



Lösung – 2-zu-4 Decoder

27