

10. Schaltungssynthese

Bei der Schaltungssynthese soll ausgehend von einer Funktionsbeschreibung die Wahrheitstabelle, die Funktionsgleichung sowie eine mögliche Schaltung erstellt werden. Die Schaltungssynthese ist also die umgekehrte Prozedur wie die Schaltungsanalyse.

Taktik:

1. Festlegung der Eingangs- und Ausgangsvariablen sowie der Bedeutung von 0 und 1
2. Erstellen der Wahrheitstabelle
3. Bestimmen der Funktionsgleichung
4. Vereinfachen der Funktionsgleichung
5. Zeichnen der Schaltung

Beispiel 1:

Durch eine Sicherheitsschaltung soll das Abfahren eines Fahrstuhles unter bestimmten Bedingungen verhindert werden. Der Fahrstuhl darf nicht abfahren, wenn die Tür noch geöffnet ist. Er darf ebenfalls nicht abfahren, wenn er überlastet ist. Zum Abfahren ist das Drücken des Fahrknopfes erforderlich.

1. Festlegung der Eingangs- und Ausgangsvariablen

Variable	Beschreibung	Bedeutung von 0	Bedeutung von 1
Eingänge:			
A	Türkontakt	Tür offen	Tür geschlossen
B	Überlastschalter	keine Überlastung	Überlastung
C	Fahrknopf	Fahrknopf nicht gedrückt	Fahrknopf gedrückt
Ausgang:			
Z	Motor	Motor läuft nicht	Motor läuft

2. Erstellen der Wahrheitstabelle

Fall	A	B	C	Z
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	1	0	0	0
6	1	0	1	1
7	1	1	0	0
8	1	1	1	0

3. Bestimmen der Funktionsgleichung

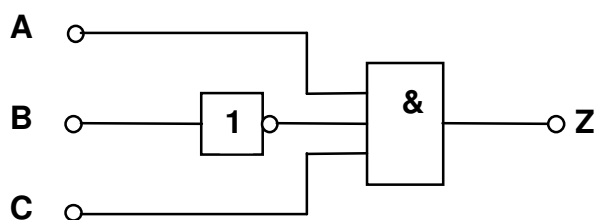
Z ist eins, wenn A eins ist **UND** B **NICHT** eins ist **UND** C eins ist.

$Z = 1$, wenn $A = 1$ **UND** $\bar{B} = 1$ **UND** $C = 1$ ist.

$$Z = A \wedge \bar{B} \wedge C$$

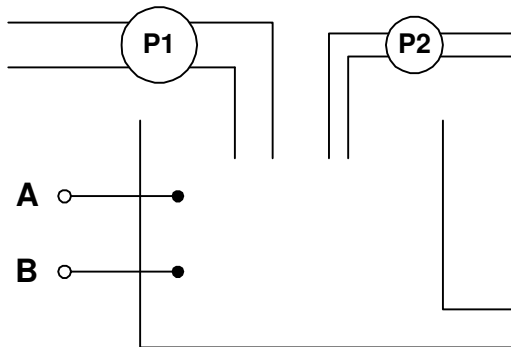
4. Vereinfachen der Funktionsgleichung

Diese Funktionsgleichung kann nicht vereinfacht werden.

5. Zeichnen der Schaltung

Beispiel 2:

In einem Wasserbehälter dem fortlaufend Wasser entnommen wird, sind zwei Wasserstandssensoren (A und B) eingebaut. Sie liefern 1-Signal, wenn sie vom Wasser umgeben sind.



Für die Pumpen P1 und P2 gilt:

Situation	P1	P2
Wasserstand oberhalb A	aus	aus
Wasserstand zwischen A und B	aus	an
Wasserstand unterhalb B	an	an

1. Festlegung der Eingangs- und Ausgangsvariablen

Variable	Beschreibung	Bedeutung von 1
Eingänge:		
A	Sensor A	Füllstand oberhalb A
B	Sensor B	Füllstand oberhalb B
Ausgang:		
P1	Pumpe 1	Pumpe läuft
P2	Pumpe 2	Pumpe läuft

Die Bedeutung von logisch Null kann zur Vereinfachung weggelassen werden.

2. Erstellen der Wahrheitstabelle

Fall	A	B	P1	P2	
1	0	0	1	1	
2	0	1	0	1	
3	1	0	0	0	-> Fehlerfall
4	1	1	0	0	

3. Bestimmen der Funktionsgleichung

P1 ist eins, wenn A NICHT eins ist UND B NICHT eins ist.

$P1 = 1$, wenn $\bar{A} = 1$ UND $\bar{B} = 1$ ist.

$$P1 = \bar{A} \wedge \bar{B}$$

P2 ist eins, wenn A NICHT eins ist UND B NICHT eins ist, ODER
wenn A NICHT eins ist UND B eins ist.

P2 ist eins, wenn A NICHT eins ist UND B NICHT eins ist, ODER
wenn A NICHT eins ist UND B eins ist.

$$P2 = (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (\bar{A} \wedge B)$$

4. Vereinfachen der Funktionsgleichung

$$P1 = \bar{A} \wedge \bar{B}$$

$$P2 = \bar{A}$$

5. Zeichnen der Schaltung

10.1 ODER-Normalform

Aus dem Beispiel 2 erkennt man, dass sich die Funktionsgleichungen nach einem bestimmten Schema aus der Wahrheitstabelle herleiten lassen. Bevor das Schema erklärt werden kann, müssen die Begriffe „Vollkonjunktion“ und „ODER-Normalform“ erläutert werden.

10.1.1 Vollkonjunktion (Minterm)

Unter einer Vollkonjunktion (auch Minterm genannt) versteht man eine UND-Verknüpfung aller Eingangsvariablen, negiert oder nichtnegiert, wobei jede Eingangsvariable nur einmal vorkommen darf.

Aufgabe:

Gib alle Vollkonjunktionen der Variablen A und B an.

Lösung: $A \wedge B$

$A \wedge \bar{B}$

$\bar{A} \wedge B$

$\bar{A} \wedge \bar{B}$

10.1.2 ODER-Normalform

Eine ODER-Normalform ist die ODER-Verknüpfung von mehreren Vollkonjunktionen.

10.1.3 Systematische Herleitung der Funktionsgleichung aus der Wahrheitstabelle

1. Zunächst schreibt man sich in jeder Zeile der Wahrheitstabelle den entsprechenden Minterm dahinter.

z.B.	A	B	X	Y	
	0	0	1	1	$\bar{A} \wedge \bar{B}$
	0	1	0	1	$\bar{A} \wedge B$
	1	0	1	1	$A \wedge \bar{B}$
	1	1	0	0	$A \wedge B$

2. Die Funktionsgleichung für die Ausgangsvariable ist die ODER-Verknüpfung der Minterme aus den Zeilen, wo eine Eins bei der entsprechenden Ausgangsvariable steht.

Für die obige Wahrheitstabelle gilt also:

$$X = (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge \bar{B})$$

$$Y = (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$$

Die auf diesem Weg gefundenen Funktionsgleichungen sind immer ODER-Normalformen.

Aufgabe 1: Pumpensteuerung

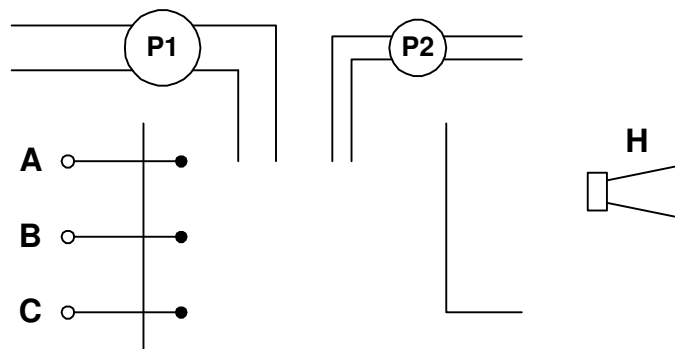
Ein Wasserbehälter, dem fortlaufend unterschiedliche Mengen Wasser entnommen werden, kann mit zwei Pumpen (P1, P2) befüllt werden.

Der Wasserstand im Behälter wird mit 3 Sensoren (A, B, C) gemessen. Am Ausgang der Sensoren wird logisch 1 ausgegeben, wenn sie von Wasser umgeben sind.

Für die Pumpen P1 und P2 gilt:

Situation	P1	P2
Wasserstand oberhalb A	aus	aus
Wasserstand zwischen A und B	aus	ein
Wasserstand zwischen B und C	ein	aus
Wasserstand unterhalb C	ein	ein

Bei paradoxen (unlogischen) Meldungen von den Sensoren soll die Hupe H ertönen und beide Pumpen sollen abgeschaltete werden.



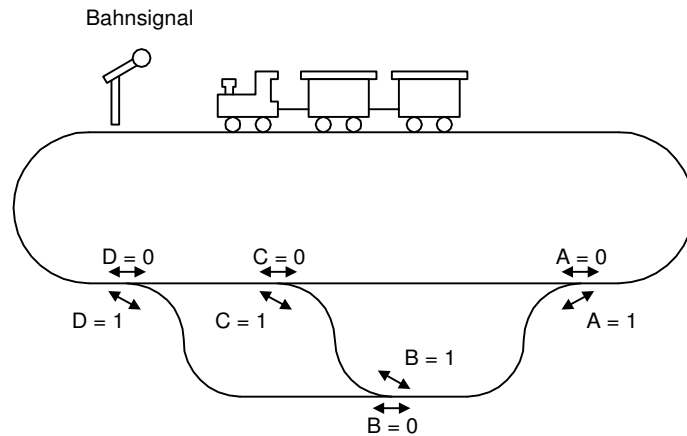
Entwirft fachgerecht die Schaltung zur Steuerung der Pumpen und der Hupe.

Aufgabe 2: Gleisüberwachung

Entwirf fachgerecht eine Schaltung, die das Bahnsignal nur frei gibt, wenn die Weichen so gestellt sind, dass der Zug frei durchfahren kann.

Beispiel: D=1 B=0 A=1

Gegenbeispiel: D=1 B=1 A=0



Für die Weichen gilt:

Ist der Ausgang des Weichensensors logisch 0, dann steht die Weiche gerade.

Ist der Ausgang des Weichensensors logisch 1, dann steht die Weiche auf Abzweigung.

Aufgabe 3: Komparator

Entwirf fachgerecht die Schaltung für einen 1 Bit-Komparator.

Ein 1-Bit Komparator vergleicht die zwei Bits an den Eingängen A und B der Schaltung.



Es gilt:

Situation	X	Y	Z
A > B	1	0	0
A = B	0	1	0
A < B	0	0	1

Aufgabe 4: Majoritätsschaltung

In gefährlichen Produktionsanlagen (Kernkraftwerke, Chemieanlagen) bestehen oft automatische Notabschaltungen. Wird zum Beispiel der Druck im Reaktor eines Kernkraftwerks zu groß, soll der Reaktor automatisch abgeschaltet werden.

Bei solchen Aufgaben verläßt man sich nicht nur auf einen Sensor, denn die Fehlfunktion eines Sensors könnte fatale Folgen für die Umwelt haben oder enorme Verluste für den Betreiber bedeuten.

Man benutzt also 3 Sensoren. Nur wenn mindestens 2 der 3 Sensoren Alarm schlagen, wird die Notabschaltung durchgeführt.

Entwirf fachgerecht die Schaltung die die Entscheidung über eine Notabschaltung nimmt.