

4. Schaltungssynthese

4.1 Definition

Bei der Schaltungssynthese soll ausgehend von einer Beschreibung der Funktion eine mögliche Schaltung erstellt werden.

4.2 Schaltungssynthese in fünf Schritten

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

Beispiel 1:

Eine digitale Schaltung soll das Abfahren eines Fahrstuhls nur unter bestimmten Bedingungen erlauben. Der Fahrstuhl darf nur abfahren, wenn die Tür geschlossen ist, wenn der Fahrstuhl nicht überlastet ist und ein Knopf gedrückt wurde.

1. 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. 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. Funktionsgleichung

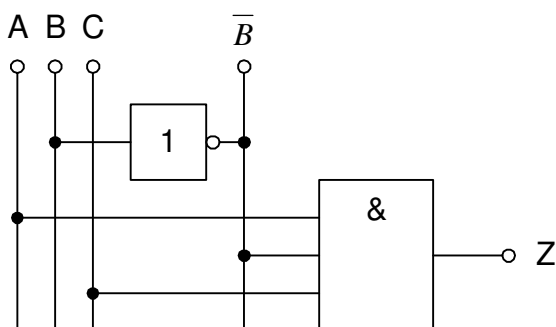
Z ist eins, wenn A eins ist **UND** B **NICHT** eins ist **UND** C eins ist.

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

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

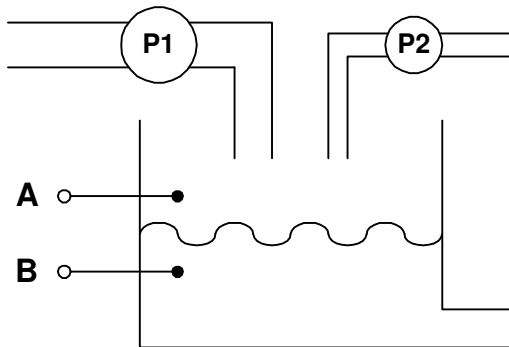
4. Vereinfachung und Umformung

/

5. Zeichnen der Schaltung

Beispiel 2:

Ein Wasserbehälter, dem fortlaufend Wasser entnommen wird, wird über zwei unterschiedlich große Pumpen befüllt. Zur Steuerung der Pumpen 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	

Der Fall A=1 und B=0 kann nur auftreten, wenn ein Fehler bei den Sensoren vorliegt. In diesem Fall sollten sicherheitshalber alle Pumpen abgeschaltet werden.

3. Bestimmen der Funktionsgleichung

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

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

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

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 $\bar{A} = 1$ UND $\bar{B} = 1$ ODER $\bar{A} = 1$ UND $B = 1$.

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

4. Vereinfachen der Funktionsgleichung

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

$$P2 = \bar{A}$$

5. Zeichnen der Schaltung

4.3 Systematische Herleitung der Funktionsgleichung aus der Wahrheitstabelle

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“ erklärt werden.

Definition:

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

Aufgabe 1:

Gib alle Vollkonjunktionen der Variablen A und B an.

Lösung:

Definition:

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

Um die Funktionsgleichung systematisch aus der Wahrheitstabelle abzuleiten, schreibt man zunächst hinter jede Zeile der Wahrheitstabelle den zu dieser Zeile passenden Minterm.

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	$A \wedge B$

Die Funktionsgleichung für die Ausgangsvariable ist nun 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 2:

Gib von folgender Wahrheitstabelle die Funktionsgleichung in ODER-Normalform an.

z.B.	A	B	C	Z
	0	0	0	1
	0	0	1	0
	0	1	0	1
	0	1	1	0
	1	0	0	1
	1	0	1	1
	1	1	0	0
	1	1	1	0

Aufgabe 3:

Gib die Wahrheitstabelle folgender Funktionsgleichung an:

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

Aufgabe 4: Pumpensteuerung

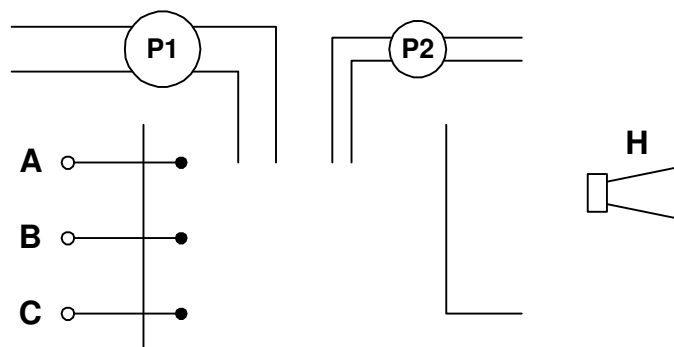
Ein Wasserbehälter, dem fortlaufend unterschiedliche Mengen Wasser entnommen werden, kann mit zwei Pumpen (P1, P2) befüllt werden.

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.



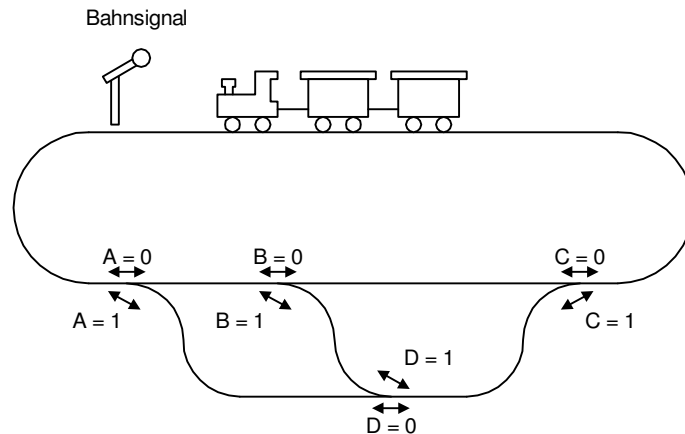
Entwirft fachgerecht die Schaltung zur Steuerung der Pumpen und der Hupe.

Aufgabe 5: Gleisüberwachung

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

Beispiel wann der Zug fahren darf: $A=1 \quad D=0 \quad C=1$

Gegenbeispiel: $A=1 \quad D=1 \quad C=1$



Für die an den Weichen montierten Weichensensoren 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 6: 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 7: Zwei-aus-Drei-Schaltung

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.

Aus diesem Grund benutzt man drei Sensoren. Nur wenn mindestens zwei der drei Sensoren eine Überschreitung des Grenzwertes melden, wird die Notabschaltung durchgeführt. Die Schaltung die die Entscheidung über eine Notabschaltung nimmt, nennt man auch Zwei-aus-Drei-Schaltung.

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